

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA GEOGRÁFICA, GEOFÍSICA E ENERGIA



Eficiência energética em edifícios e estudo comparativo das necessidades de aquecimento de pequenos edifícios de habitação localizados em Lisboa e Genebra

Lúcia Maria Gomes Freire Silva

Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia da Energia e do Ambiente

2011

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA GEOGRÁFICA, GEOFÍSICA E ENERGIA



Eficiência energética em edifícios e estudo comparativo das necessidades de aquecimento de pequenos edifícios de habitação localizados em Lisboa e Genebra

Lúcia Maria Gomes Freire Silva

Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia da Energia e do Ambiente

Trabalho realizado sob a supervisão de
Doutora Gisela da Costa Louro Branco (Amstein+Walthert SA)
Doutora Marta João Nunes Oliveira Panão (FCUL)

2011

Abstract

This project is the result of an internship performed in Switzerland in an engineering company in the field of buildings thermal efficiency. This internship allowed the contact with different ways of thinking, priorities and other challenges inherent to the fact that it was made in another country.

This essay presents some of the projects made in the internship according to the corresponding legislation and a brief description of the same legislation.

Further then the internship report, this project is also a comparative study between Portugal and Switzerland, more specifically in the cities of Lisbon and Geneva, in terms of heating energy needs of a single family house with corresponding climatic conditions. One of the specific goals is the Portuguese law assessment in terms of the reference heat transmission coefficient (U-value)¹. With this study case, new reference heat transmission coefficient are determined, smaller than the actual reference U-values from RCCTE (Decreto-Lei 80/2006). They are determined according to Geneva law and methodology but for Lisbon climatic conditions, although, they are not enough to change the reference heat transmission coefficient currently establish in RCCTE. This study pretends to be a starting point to a detailed and extended review of this regulation in the aspects that can be improved.

Resumo

Esta dissertação resulta de um estágio na Suíça, numa empresa de engenharia na área da eficiência térmica em edifícios que permitiu o contacto com outras formas de pensar, outras prioridades e outros desafios intrínsecos ao facto da sua realização ser noutro país.

Esta dissertação apresenta alguns projectos realizados no âmbito deste estágio, de acordo com a legislação aplicável nesse país, bem como uma breve síntese sobre a mesma.

Para além do relatório de estágio, este projecto integra ainda um estudo comparativo entre os dois países, mais precisamente nas cidades de Lisboa e Genebra, ao nível das necessidades de energia para aquecimento de uma habitação unifamiliar, tendo em conta as respectivas condições climáticas. Um dos objectivos específicos do trabalho é a aferição da Lei portuguesa no que diz respeito aos coeficientes de transmissão térmica¹ de referência. Através deste caso de estudo são determinados novos coeficientes de transmissão térmica de referência, com valores inferiores aos apresentados, actualmente, no RCCTE (Decreto-Lei 80/2006). Estes são calculados segundo a metodologia e lei de Genebra, considerando as condições climáticas da cidade de Lisboa. Este estudo não é suficiente para uma alteração dos coeficientes de transmissão térmica de referência actualmente estabelecidos, conquanto, pretende ser um ponto de partida, para uma análise detalhada e alargada deste regulamento nos aspectos que podem ser melhorados.

Keywords: energy efficiency, U-value, energy, heating

Palavras-chave: eficiência energética, valor U, energia, aquecimento

¹ O valor U ou coeficiente de transmissão térmica de um elemento da envolvente do edifício traduz-se na quantidade de calor por unidade de tempo que atravessa uma superfície de área unitária desse elemento da envolvente por unidade de diferença de temperatura entre os ambientes que ele separa. RCCTE.

Agradecimentos

À Dra. Gisela Branco e à Dra. Marta Panão, orientadoras deste meu trabalho, agradeço a capacidade de elucidação nos diversos obstáculos que se apresentaram ao longo de todo o processo, o empenho e a disponibilidade apresentados no âmbito desta dissertação.

Agradeço também à empresa Amstein+Walthert Genève SA e à sua equipa, pela oportunidade de estágio e pelo apoio incansável.

Ao Sr. Gilles Ottaviani pela sua paciência e esclarecimento na compreensão das complexas leis, regulamentos e normas suíças.

Aos professores Dr. Jorge Alves e Dr. Pierre Hollmuller que possibilitaram a realização desta dissertação.

Índices

1.	Introdução.....	1
1.1	Enquadramento.....	1
1.2	Objectivo e metodologia	4
2.	Suíça - Contexto legal	6
2.1	Lei para a energia: Federação da Suíça (LEn 730.0).....	6
2.2	Normas SIA.....	6
2.3	Lei para a energia e respectivo Regulamento: Cantão de Genebra (L 2 30 e L 2 30.01, respectivamente).....	6
2.3.1	Evolução cronológica	6
2.3.2	Lei actual	8
3.	Relatório de estágio	15
3.1	Empresa Amstein + Walthert SA	15
3.2	A minha participação na empresa Amstein + Walthert Genève SA.....	17
3.2.1	Projecto conceptual de energia – Escola Le Sapay (THPE):.....	19
3.2.2	Projecto conceptual de energia – Moradias de Habitação Pregny-Chambésy.....	30
4.	Comparação das necessidades de aquecimento de pequenos edifícios de habitação na Suíça e em Portugal	37
4.1	Portugal – Contexto legal	37
4.1.1	Necessidades térmicas de aquecimento (N_{ic})	39
4.1.2	Necessidades térmicas de arrefecimento (N_{vc})	40
4.1.3	Necessidades de energia para preparação de águas quentes sanitárias (N_{ac}).....	41
4.2	Comparação climática	41
4.3	Caso de estudo.....	43
4.4	Metodologia.....	43
4.5	Considerações.....	45
4.5.1	Climáticas	45

4.5.2	Vãos envidraçados.....	46
4.5.3	Ventilação.....	47
4.5.4	Dimensões e materiais.....	48
4.5.5	Necessidades de arrefecimento.....	48
4.6	Discussão de resultados.....	48
4.6.1	Modelos de cálculo.....	48
4.6.2	Coefficientes de transmissão térmica U_{lim}	53
4.6.3	Estudos comparativos das necessidades de aquecimento (N_{ic}).....	53
5.	Conclusão.....	56
6.	Referências.....	58

1. Introdução

1.1 Enquadramento

A primeira crise do petróleo ocorreu em 1973, e implicou a subida de preços no mercado internacional. Este facto foi o início da preocupação para a economia mundial cuja base assenta nesta fonte de combustível fóssil. A grande dependência neste recurso envolve outras questões, para além das puramente económicas, como o aumento do dióxido de carbono (CO_2) na atmosfera e a utilização de uma fonte esgotável.

Portugal é um país com uma dependência elevada deste tipo de energia e, por isso, mais vulnerável às crises do mercado petrolífero.

É então que, a partir de 1973 com a utilização do petróleo como principal recurso energético, os países mais desenvolvidos tomaram as primeiras medidas no sentido de reduzirem a sua dependência através da preocupação de uma utilização mais eficiente da energia e o aumento do recurso a fontes de energia renovável.

O consumo de energia primária em Portugal tem vindo a aumentar significativamente entre 1972 e 2008 (Fig. 1) (em cerca de 45% ou 2,5% por ano [15]). Existe uma forte dependência energética externa, onde cerca de 81,5% [15] (em 2008) do consumo total provem de combustíveis fósseis importados. Este valor é bastante superior à média EU-27. Portugal carece de produção interna de combustíveis fósseis como podemos ver na Fig. 2.

“A evolução do sistema energético nacional caracteriza-se nomeadamente, por uma forte dependência externa e consequente crescimento da factura energética e por uma elevada intensidade energética do produto interno bruto (PIB).” [17]

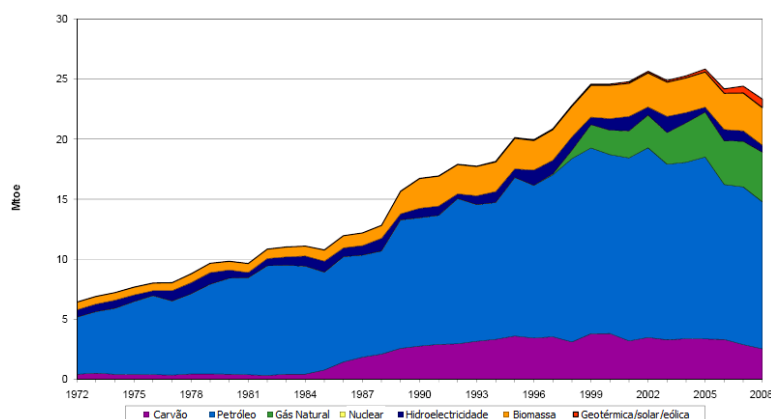


Fig. 1 – Consumo de energia primária em Portugal no período 1972-2008. [21]

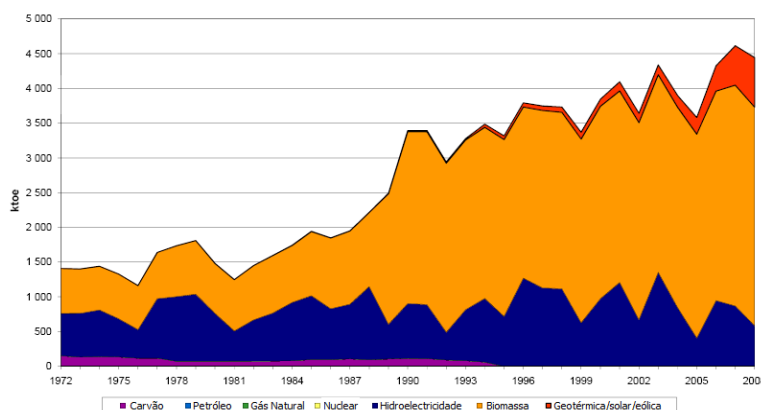


Fig. 2 – Produção de energia em Portugal no período 1972-2008. [21]

Inúmeras medidas têm sido tomadas pelo estado português, no sentido de incrementar a eficiência energética no nosso país e, por sua vez, reduzir a dependência energética externa. Uma destas medidas é o Programa Nacional de Acção para a Eficiência Energética (PNAEE) publicado em Maio de 2008. Este tem por objectivo, a redução do consumo total de energia final em cerca de 9,8% nos sectores dos transportes, residencial e serviços, indústria e sector público (Fig. 3), através da introdução de medidas que aumentem a eficiência no uso da energia.

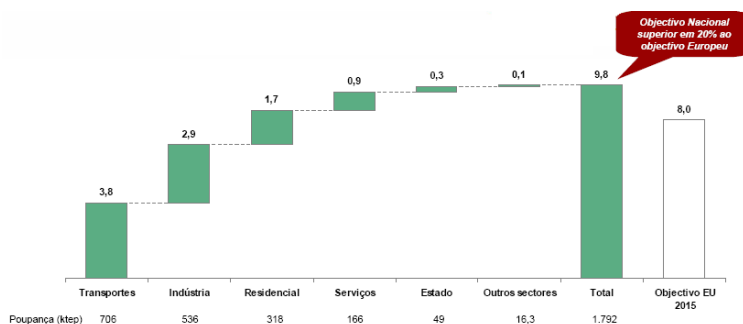


Fig. 3 – Impacte das medidas de eficiência energética no consumo de energia em 2015 segundo o plano do PNAEE. [19]

O facto da energia utilizada nos edifícios residenciais e de serviços ser cerca de 24,5% [15] do consumo total de energia final (dados de 2007), mostra a importância de actuar neste sector através de medidas que promovam a eficiência energética. No PNAEE algumas das medidas propostas neste sector são o incentivo à reabilitação urbana sustentável, através da exigência de uma classificação energética superior ou igual a B-, bem como a introdução de benefícios ao licenciamento de edifícios com classes energéticas elevadas e um incremento na instalação de painéis solares para produção de AQS¹.

A certificação energética dos edifícios segue a linha da classificação energética dos electrodomésticos e lâmpadas. Esta vai de A a G, onde A corresponde ao edifício mais eficiente e G ao menos eficiente. Em 2004 foram introduzidas duas novas classes, a classe A+ (25% mais eficiente que a classe A) e a classe A++ (40% mais eficiente que a classe A).

¹Águas quentes sanitárias.

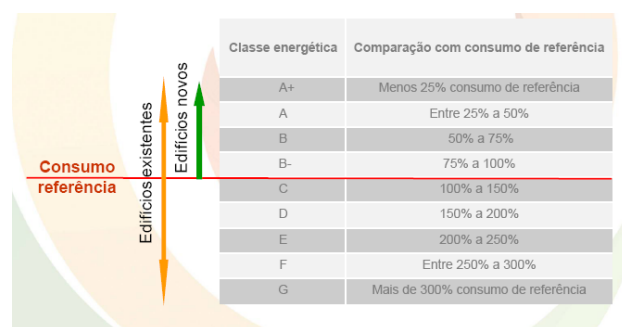


Fig. 4 – Classificação energética e comparação com o consumo de referência.

A legislação para os edifícios tem vindo a evoluir ao longo dos tempos como é possível ver na Tabela 1. A directiva europeia “Energy Performance of Buildings Directive” (EPBD – 2002/91/EC) conduziu os estados-membros a desenvolverem regulamentação para a eficiência energética dos edifícios, o que em Portugal, se concretizou pela revisão dos regulamentos RCCTE¹ e RSECE², e a publicação do SCE³ que define o sistema de certificação energética nos edifícios.

Tabela 1 - Evolução legislativa no sector dos edifícios

Evolução legislativa no sector dos edifícios	
1990	Não existem requisitos térmicos nem de energia nos edifícios
1990	RCCTE - Regulamento do comportamento térmico dos edifícios (D.L. 40/90)
1998	RSECE - Regulamento de sistemas AVAC ⁴ nos edifícios (D.L. 119/98)
2006	SCE - (D.L. 78/2006)
2006	RSECE (revisto) - (D.L. 79/2006)
2006	RCCTE (revisto) - (D.L. 80/2006)
2007	Certificação de todos os edifícios novos (residenciais e não residenciais) com área superior a 1000 m ² , quando pedida autorização de construção
2008	Certificação de todos os edifícios novos (residenciais e não residenciais), quando pedida autorização de construção
2009	Certificação de todos os edifícios novos e existentes (residenciais e não residenciais) para venda ou locação

A evolução da legislação e a criação de objectivos e metas (por exemplo as metas propostas pelo PNAEE) devem ter como objectivo a redução possível das necessidades energéticas dos edifícios, suprimindo as restantes necessidades com energia de fontes renováveis (Fig. 5).

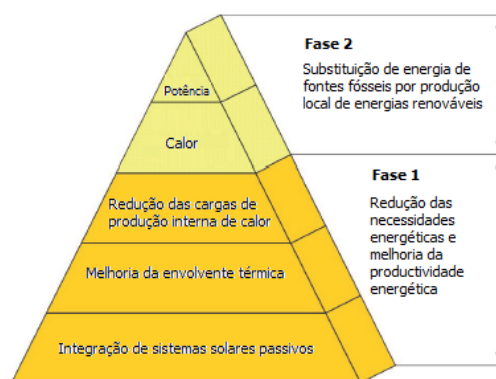


Fig. 5 – Solução net-zero nos edifícios. [7]

Este esforço exigirá a evolução gradual da legislação, promovendo um mercado para os objectivos e metas criados, para que estas sejam acessíveis aos proprietários dos edifícios.

¹ Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios

² Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios

³ Sistema de Certificação Energética e Qualidade do Ar Interior de Edifícios

⁴ Aquecimento, ventilação e ar condicionado.

Como é possível observar na Fig. 6, grande parte das intervenções realizadas nos edifícios é feita no parque habitacional.

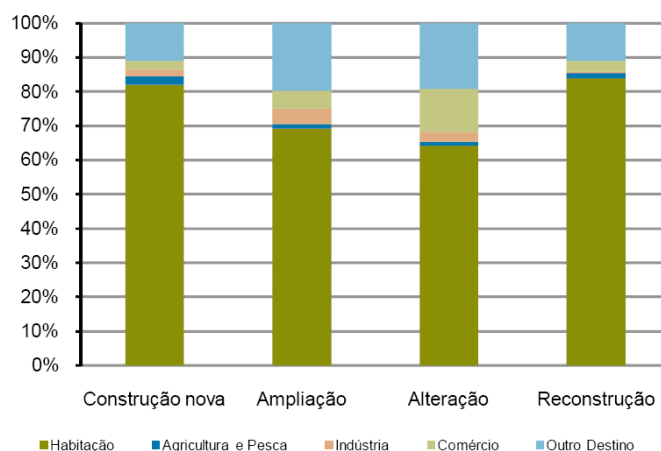


Fig. 6 – Edifícios concluídos por tipo de obra segundo o destino em 2010. [14]

Nos edifícios de habitação existem diferentes necessidades energéticas – águas quentes sanitárias, cozinha, iluminação, equipamentos eléctricos¹, arrefecimento e aquecimento, e em termos de utilizações finais estas repartem-se como o representado na Fig. 7.

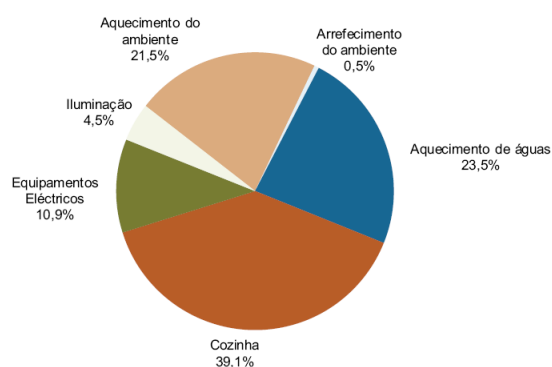


Fig. 7 – Distribuição do consumo de energia no alojamento por tipo de utilização (2010). [13]

1.2 Objectivo e metodologia

Esta dissertação insere-se no contexto de um estágio, de um ano, na empresa Amstein+Walthert SA em Genebra, que consistiu na participação em projectos de eficiência energética em edifícios. Estas, dizem respeito a medidas de redução das necessidades de aquecimento/arrefecimento pela melhoria da sua envolvente térmica e sistemas de ventilação, bem como da avaliação do recurso a fontes de energia renováveis para satisfação das necessidades.

A primeira parte consiste num relatório de estágio de acordo com alguns dos projectos desenvolvidos no âmbito empresarial e a análise cuidada das normas suíças ao nível da energia nos edifícios, em particular, segundo as leis e regulamentos de Genebra.

A segunda parte traduz-se num estudo realizado, que trata as necessidades de energia para aquecimento ambiente de uma residência unifamiliar e consiste na análise dos coeficientes de transmissão térmica¹ dos elementos da envolvente.

¹ Os equipamentos eléctricos englobam pequenos electrodomésticos, equipamentos de entretenimento e informática.

Para tal, comparam-se as normas segundo a Lei Suíça, em Genebra, e o regulamento português RCCTE (Decreto-Lei n.º80/2006), segundo os quais será avaliado o caso de estudo, tendo em conta as características meteorológicas da região de Lisboa e de Genebra. Utilizam-se as condições climáticas no que diz respeito aos parâmetros com maior influência no comportamento térmico dos edifícios: radiação solar, temperatura do ar exterior sob a forma de graus-dias de aquecimento, intensidade e direcção do vento, para Genebra e Lisboa, segundo dados obtidos no software Meteonorm.

Posteriormente determinam-se os valores máximos possíveis para os coeficientes de transmissão térmica de forma a cumprir a legislação local de cada país, para a moradia em estudo, em Genebra e Lisboa - U_{lim} .

Esta comparação tem por objectivo avaliar a adequabilidade dos valores do coeficiente de transmissão térmica de referência – U_{ref} – no RCCTE, sendo um contributo para futuras revisões da regulamentação térmica.

¹ O valor U ou coeficiente de transmissão térmica de um elemento da envolvente do edifício traduz-se na quantidade de calor por unidade de tempo que atravessa uma superfície de área unitária desse elemento da envolvente por unidade de diferença de temperatura entre os ambientes que ele separa. RCCTE.

2. Suíça - Contexto legal

2.1 Lei para a energia: Federação da Suíça (LEn 730.0)

A lei federal da Suíça impõe-se sobre as leis cantonais¹ e respectivas normas, sendo essa a base legal para a energia nesse país, pelo que, qualquer lei cantonal incidirá sempre numa melhoria legislativa do regulamento estabelecido ao nível federal.

Os objectivos da presente lei federal visam uma produção e distribuição económica da energia, adequadas às questões ambientais, passando assim, pela promoção de uma utilização eficiente da mesma e ao incentivo do incremento do recurso das energias autóctones e de fonte renovável.

No contexto dos edifícios é decretado que deverão existir regulamentos a nível cantonal, uma legislação que vise as condições anteriormente referidas para a eficiência energética. Essa deve prever:

- Percentagem obrigatória de utilização de energias renováveis no aquecimento dos edifícios e das AQS;
- Limite à instalação de sistemas de aquecimento dos edifícios e das AQS por meio de resistência eléctrica;
- Direito ao estado a definir objectivos para os grandes consumidores² de energia relativamente à redução desse consumo, de uma forma económica e ambientalmente eficiente;
- Imposição de uma repartição de taxas ao consumo individual sobre a energia utilizada em edifícios novos ou grandes reabilitações com sistemas centralizados.

2.2 Normas SIA

A SIA – Sociedade dos Engenheiros e Arquitectos, é uma sociedade privada responsável pelas normas suíças no domínio da construção. Estas normas definem métodos e regras específicas nas diferentes fases da construção e integram as normas europeias.

2.3 Lei para a energia e respectivo Regulamento: Cantão de Genebra (L 2 30³ e L 2 30.01⁴, respectivamente)

A lei cantonal para a energia de Genebra, tem como objectivo a gestão racional de energia de uma forma económica, suficiente, viável, diversificada e que respeite as questões ambientais. De modo a atingir estes objectivos, a L 2 30 fornece então meios que promovam a eficiência energética e que dêem prioridade ao desenvolvimento da exploração das fontes de energia renovável.

Esta lei aplica-se a todas as fases do aprovisionamento da energia, desde a sua produção até à sua utilização final, passando pelo seu armazenamento, transporte, transformação e distribuição.

A L 2 30 prevê o cumprimento das Normas SIA (ponto 2.2).

2.3.1 Evolução cronológica

A L 2 30, actualmente em vigor, foi adoptada a 18 de Setembro de 1986. Nestes 25 anos, a situação local, assim como o contexto energético mundial evoluíram bastante. Novas tecnologias surgiram e permitiram uma utilização mais racional da energia e o desenvolvimento das energias de fonte renovável. Paralelamente a população tem vindo a tomar consciência de questões energéticas da actualidade. Por estas razões, ao longo destes anos foi indispensável uma adaptação constante da lei a estas novas realidades.

¹ A Suíça é constituída por diferentes regiões que se denominam por cantões.

² Consumidores que têm um consumo anual de calor ou de electricidade superior a 5GWh.

³ L 2 30 também conhecida como LEn.

⁴ L 2 30.01 também conhecido como REN.

As duas principais actualizações da L 2 30 ocorreram em 2001 e em 2010.

Em 2001 as principais modificações que dizem respeito aos edifícios, foram as seguintes:

- Chamar a atenção para o padrão Minergie®¹ instituindo benefícios aos imóveis que o cumpra. No caso dos imóveis de habitação novos, por exemplo, a etiqueta Minergie® é atribuída quando o consumo de energia é inferior a 45 kWh/m².ano, aproximadamente um terço dos actuais requisitos legais. Estes valores de consumo são alcançados com a implementação cuidadosa das técnicas disponíveis no mercado;
- Obrigação de execução de um projecto conceptual de energia nos edifícios novos e nas grandes transformações e acompanhamento da sua execução. Dois anos após a realização da obra é feito um controlo do consumo energético e caso estes valores ultrapassem os limites autorizados, tem de ser feito o necessário para baixar os valores até ao permitido pela lei.
- Obrigação de compra por parte do SIG² da electricidade produzida pelos produtores independentes³, pagando o triplo do preço de venda quando esta é produzida a partir de energias renováveis.

O principal objectivo das alterações da L 2 30 de 2010 foi tornar Genebra num dos cantões de ponta em termos de energia através de uma actualização mais ambiciosa e inovadora da lei, onde o domínio da renovação de edifícios possui maior potencial para a economia de energia. Isto deve-se ao facto de que em Genebra o consumo de energia nos edifícios (essencialmente no que diz respeito às necessidades de aquecimento) representa 50% da energia total utilizada neste cantão. Ao longo dos anos, grande parte das actualizações da Lei para a energia de Genebra incidiu na redução de consumo de energia nos edifícios novos, pelo que se tornou necessário intervir na renovação dos edifícios dado que 73% dos edifícios em Genebra terem sido construídos antes de 1980 e 32% antes de 1945. O ritmo das renovações de edifícios é cerca de 1% a 2% por ano [24]. Posto isto, é essencial que as novas disposições legais não se limitem às novas construções mas também devem, imperativamente, ter em conta as renovações dos edifícios existentes. As principais modificações de 2010, relativas aos edifícios, foram as seguintes:

- Na construção e renovação de edifícios:
 - a) Todos os edifícios novos de importância⁴ devem ser realizados conforme padrão de HPE⁵ (por exemplo Minergie®);
 - b) Nos edifícios novos, no mínimo 20% das necessidades de calor (aquecimento + água quente) devem ser asseguradas por meio de energias renováveis ou reduzidas na utilização de isolamentos suplementares na envolvente do edifício;
 - c) É obrigatória a instalação de painéis solares térmicos nos edifícios novos ou renovações de coberturas, que assegurem, pelo menos, 30% das necessidades de calor das AQS;
 - d) As exigências na renovação de edifícios são reforçadas, em particular, nos edifícios de importância.
- Na exploração dos edifícios:
 - a) O consumo energético dos edifícios é seguido através de auditorias. Caso seja verificado um desempenho insuficiente podem ser prescritas obras para melhoria deste;
 - b) Os edifícios com a categoria HPE são certificados energeticamente.
- Nos edifícios do estado e não privados, com a finalidade de dar o exemplo:
 - a) Todos os edifícios públicos novos devem estar conforme o padrão THPE⁶;

¹ Anexo 2.

² Serviços Industriais de Genebra.

³ Produtores independentes são empresas que exploram uma instalação de produção de energia privada (ou apenas 50% pública), onde a energia produzida é principalmente para consumo próprio ou principalmente/exclusivamente para injectar na rede sem existência de contracto público.

⁴ Definição de edifícios de importância apresentada no ponto 2.3.2.2.

⁵ Em português, Elevado Desempenho Energético – Standard especificado no ponto 2.3.2.4.

⁶ Em português, Muito Elevado Desempenho Energético – Standard especificado no ponto 2.3.2.4.

- b) Cada edifício público, novo ou antigo, é submetido a uma certificação energética.

2.3.2 Lei actual

2.3.2.1 Medidas e padrões energéticos

A lei estabelece um regulamento que fixa medidas e padrões energéticos para os edifícios, que devem ser respeitados por todos os edifícios novos, renovados ou sujeitos a ampliação. Estes consistem no seguinte:

- Isolamento térmico e protecção térmica estival – Normas SIA 180¹, SIA 380/1³ e 382/1²;
- AQS – Normas SIA 380/1 e 380/4³
 - Nos edifícios novos e renovações com necessidade de AQS e com instalações de aquecimento, por meio de resistência eléctrica, devem ser respeitadas as restantes medidas e padrões energéticos;
 - Nos edifícios alimentados por um único sistema centralizado para a produção de calor, com pelo menos 5 apartamentos a utilizar esse sistema, é obrigatório o uso de contadores individuais de forma a determinar o consumo efectivo de energia para aquecimento, permitindo assim a individualização do consumo⁴;
- Ventilação – Normas SIA 180, SIA 380/4 e SIA 382/1
 - Os sistemas de ventilação de duplo fluxo implicam a utilização de recuperadores de calor.
- Os sistemas de extracção de ar de locais aquecidos têm de estar equipados com um dispositivo de introdução de ar novo controlado e um recuperador de calor ou um dispositivo de valorização de calor do ar viciado, se o volume de ar extraído for superior a 1000 m³/h e o tempo de utilização for superior a 500 h/ano⁵;
- Iluminação – valores limite pontuais da Norma SIA 380/4;
- Aquecimento – dimensionamento segundo a SIA 384/1⁶
 - As instalações fixas de aquecimento por meio de resistência eléctrica têm de ser submetidas a uma autorização excepcional das entidades competentes. Estas geralmente não são permitidas;
 - O presente regulamento prevê excepções relativas ao ponto anterior no caso das instalações deste tipo de sistemas terem uma potência inferior a 2000 W;
 - Nos edifícios com pelo menos 5 apartamentos alimentados por um só sistema central de calor, é obrigatório o uso de contadores individuais com o objectivo de determinar o consumo efectivo de energia para aquecimento, permitindo assim a individualização desse consumo⁷;

¹ Explicitadas no anexo 1.

² Installations de ventilation et de climatisation – Bases générales et performances requises.

³ L'énergie électrique dans le bâtiment.

⁴ Possibilidade de derrogação.

⁵ Caso existam vários sistemas de extracção de ar no mesmo imóvel, estes são considerados como um só sistema.

⁶ Installations de chauffage dans les bâtiments – Bases générales et performances requises.

⁷ Excepto em edifícios HPE ou edifícios anteriores a 2003 com impossibilidade física de aplicação deste equipamento. Possibilidade de derrogação.

- Não é permitido o aquecimento de zonas expostas¹ excepto se este for fornecido exclusivamente a partir de fontes renováveis ou de calor recuperado.
- Arrefecimento – Norma 380/4, 382/1 e 382/2²
 - A instalação, modificação ou renovação de um sistema de climatização é sempre submetida a uma autorização da autoridade competente;
 - Os requisitos construtivos previstos ao nível da norma SIA 180, SIA 380/1 e as restantes medidas e padrões energéticos têm que ser respeitados prioritariamente de modo a evitar a necessidade da utilização de sistemas de arrefecimento;
 - Segundo um cálculo detalhado, a necessidade de arrefecimento é dada quando os valores horários, calculados da temperatura do ar interior, ultrapassam a curva limite superior segundo a Fig. 8. Se as horas de necessidades de arrefecimento forem superiores a 100h/ano durante as horas de utilização, é possível o recurso de sistemas de climatização;
 - No caso de ser concedida a instalação de um sistema de climatização devem ser cumpridas as seguintes medidas:
 - A potência de climatização instalada deverá aproximar-se da calculada³ para evitar o sobredimensionamento do sistema;
 - Pelo menos 80% do calor desperdiçado deve ser recuperado;
 - A água de refrigeração deve ser recuperada à saída caso o sistema seja alimentado por água potável;

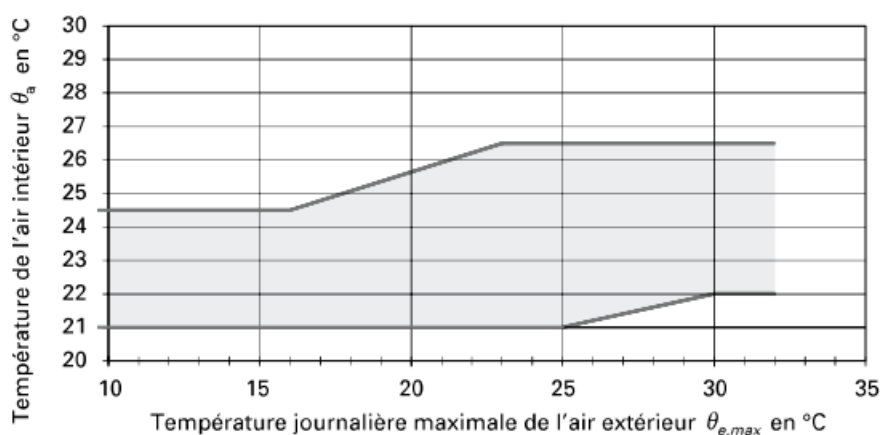


Fig. 8 - Variação da temperatura do ar interior, segundo a temperatura diária máxima do ar exterior. [28]

- Índice de consumo de energia (IDC)
 - O cálculo anual do índice de consumo de energia é obrigatório em todos os edifícios aquecidos;
 - Os edifícios cujo índice para aquecimento do edifício e AQS, ultrapassar os 800 MJ/m².ano são submetidos a uma auditoria energética. Esta auditoria, assim como as medidas tomadas para melhorar esse índice, são pagas pelos proprietários dos edifícios¹;

¹ Zonas em contacto com o ar exterior sem qualquer barreira física, por exemplo, varandas, locais de passagem exteriores, piscinas exteriores.

² Bâtiments climatisés – Puissance requise et besoins d'énergie.

³ A instalação de qualquer potência suplementar relativamente à potência necessária tem de ser devidamente justificada.

- No pedido de autorização de construção, para os edifícios novos ou renovados, é necessário calcular o índice de consumo de calor admissível para as necessidades de aquecimento do edifício e AQS;
- No caso da instalação de um sistema de arrefecimento com uma potência superior a 20kW, é necessário o cálculo de um índice de consumo de electricidade admissível;
- No caso do valor destes índices serem ultrapassados, os edifícios ficarão sujeitos a uma auditoria e à realização de medidas de melhoria de modo a que o índice venha a ser respeitado.

Estas prescrições energéticas mínimas estão especificadas nas normas suíças SIA em vigor.

Sistemas sujeitos a autorização:

- Sistemas de climatização;
- Sistemas de produção de calor com recurso de combustíveis fósseis com potência superior a 1 MW;
- Caldeira a biomassa com potência superior a 70 kW;
- Sistemas de produção de electricidade com recurso a combustíveis fósseis com potência superior a 30 kWe;
- Sistemas eléctricos de aquecimento com potência superior a 2 kW;
- Aquecimento de zonas expostas.

2.3.2.2 Requisitos específicos

Novos edifícios ou ampliações de edifícios existentes:

- A construção, o equipamento e a exploração destes edifícios devem respeitar os padrões de HPE;
- Estes devem ser equipados com colectores solares térmicos que assegurem 30% das necessidades de calor para AQS. O regulamento prevê excepções: as necessidades serem cobertas por outro tipo de fonte de energia renovável ou recuperador de calor, a orientação do telhado ser inviável, pouco uso de AQS ou locais desocupados no período de Verão.

Renovações de edifícios:

- Se o telhado ou terraço for integrado na renovação do edifício este deve ser equipado com colectores solares térmicos que assegurem 30% das necessidades de calor para AQS. As excepções previstas pelo regulamento são a inviabilidade económica em complemento com as excepções referidas no segundo ponto dos requisitos para a construção de novos edifícios ou ampliações de edifícios existentes.

Certificados energéticos:

- Durante um projecto de renovação, construção ou ampliação, deve ser calculado e remetido às autoridades competentes, um certificado energético antes do início da obra. Deve ser emitido, também, no caso de ser pedido pelas mesmas autoridades.

¹ Estes proprietários podem receber uma ajuda por parte dos *fundos para o desenvolvimento das energias renováveis e das economias energéticas*.

Edifícios de importância:

- São edifícios cuja A_E^1 seja superior a 3000 m², no caso de ser habitação, ou 2000 m² nos restantes tipos de uso. Na renovação deste tipo de edifícios os elementos opacos, no seu desempenho energético, devem respeitar pelo menos 80% dos valores limite indicados na norma SIA 380/1, assim como, deve ser respeitada a norma SIA 380/4 para as novas instalações de iluminação, ventilação e climatização.

Recuperação de calor:

- Todos os sistemas e equipamentos produtores de calor em excesso, que façam parte integrante de um edifício, devem ser equipados com um sistema de recuperação de calor².

Condições complementares específicas para edifícios não privados:

- Devem ser respeitados os padrões HPE;
- Os edifícios novos ou renovados devem ser objecto de um projecto conceptual de energia³ e respeitar as exigências definidas para os edifícios de importância;
- Os edifícios existentes devem ser objecto de um projecto conceptual de energia;
- Os edifícios novos com um valor de A_E superior a 10'000 m² devem respeitar o padrão THPE, excepto os edifícios de habitação.

Instalações de produção de electricidade e instalações de produção de calor:

- A instalação, transformação ou exploração de um sistema de produção de electricidade com uma potência superior a 300kW (com recurso a combustíveis fósseis) ou 30kW (com recurso a fontes renováveis) tem de ser submetida à autorização de uma autoridade competente. Os sistemas de produção de electricidade com uma potência inferior a este valor têm de recuperar a maior parte do calor desperdiçado;
- A autorização relativa às instalações com recurso a combustíveis fósseis é emitida no caso de:
 - Existir inviabilidade no recurso a energias renováveis;
 - A instalação se integre na melhor tecnologia disponível e apresente um elevado grau de eficiência eléctrica;
 - Se o calor libertado for recuperado.
- A autorização relativa às instalações com recurso a combustíveis não fósseis⁴ é emitida no caso de:
 - A instalação apresentar um elevado grau de eficiência eléctrica;
 - Se a maior parte do calor libertado for recuperado.

¹ Área de referência energética é a área total de pavimento dos locais aquecidos ou refrigerados, medidos a partir do interior da envolvente térmica.

² Excepto se a autoridade competente verificar pouca ou nenhuma importância no calor desperdiçado.

³ Definido no ponto 2.3.2.4.

⁴ O regulamento prevê casos onde não é necessária autorização para sistemas de energias renováveis.

2.3.2.3 Redes de energia e ligação

- Pode ser decretado ao nível do Conselho de Estado uma rede de distribuição e fornecimento de energia térmica para os edifícios novos, edifícios existentes sujeitos a grandes reabilitações ou cujas instalações térmicas (para aquecimento ou arrefecimento ou AQS do edifício) sejam remodeladas ou modificadas;
- Pode ser imposta a ligação a uma rede de energia se esta corresponder a uma utilização mais racional da energia relativamente às restantes fontes de energia, excepto se estas forem de origem renovável e a rede de energia recorra a uma fonte não renovável.

2.3.2.4 Projecto conceptual de energia

O projecto conceptual de energia de um edifício traduz-se no produto de um método sistemático, que inclui a elaboração de variantes, que visam a limitação das necessidades de energia de uma construção e dos seus sistemas de energia e à minimização do recurso às energias não renováveis. Este projecto consiste na elaboração de um projecto de arquitectura e técnico coerente em função das necessidades dos utilizadores finais, das oportunidades e restrições que apresentam a eficiência do projecto.

Este consiste no seguinte:

- Nos edifícios novos, no estudo do aprovisionamento do edifício através da implementação de energias renováveis e da integração de um sistema de calor a muito baixa temperatura;
- Numa renovação onde mais de 50% da área da envolvente térmica seja renovada, esse é feito de acordo com os padrões HPE;
- Um edifício destinado à habitação não pode recorrer a um sistema de arrefecimento;
- Numa renovação onde menos de 50% da área da envolvente térmica seja renovada, deve ser maximizado o desempenho energético pontual dos elementos renovados da envolvente e a parte de energias renováveis que alimenta os geradores de calor ou frio devem ser modificados ou substituídos¹;
- São tomadas medidas para o controlo dos valores mensais de consumo de electricidade, calor e frio;
- Não é necessária a elaboração do mesmo nos seguintes casos:
 - Ampliações de edifícios de importância se a nova construção representar menos de 15% da A_E do edifício, sem ultrapassar os 1000 m²;
 - Renovações parciais de edifícios de importância com menos de 500 m² de A_E .

2.3.2.5 Projecto conceptual de energia territorial

O projecto conceptual de energia territorial é previsto, no caso da autoridade competente considerar necessário, podendo o grau de especificidade e de escala espacial variar de acordo com os objectivos. Este projecto traduz-se na identificação e caracterização local do potencial dos recursos de energias renováveis, do calor desperdiçado e das necessidades energéticas actuais previstas num futuro próximo. Este tem em vista a concepção de medidas de planificação inferiores (quarteirões, edifícios) para o melhor aproveitamento destas soluções.

¹ Excepto no caso de inviabilidade económica.

2.3.2.6 Padrões energéticos

Padrões de Elevado Desempenho Energético – HPE

Os edifícios novos e existentes que respeitem os requisitos da etiqueta Minergie ® respeitam também os padrões HPE. Os critérios HPE são os seguintes:

- Edifícios novos:
 - As necessidades de aquecimento são inferiores ou iguais a 80% das necessidades admitidas de calor para aquecimento definidas na norma SIA 380/1, cujos critérios se encontram indicados no anexo 1;
 - A parte de energia não renovável, que assegura as necessidades de aquecimento e AQS, é igual ou inferior a 60% das necessidades admitidas de calor definidas pela norma SIA 380/1;
 - Os valores *cibles*¹ definidos na norma SIA 380/4 são respeitados a nível de ventilação/climatização e iluminação;
 - São respeitadas as medidas e os padrões energéticos referidos no ponto 2.3.2.

Ampliações de edifícios com A_E inferior a 50 m² ou se essa for inferior a 20% da A_E do edifício existente, sem ultrapassar os 1000 m²:

- Os elementos isolantes opacos da envolvente exterior devem respeitar 75% dos limites pontuais da norma SIA 380/1;
- Os elementos transparentes da envolvente exterior devem respeitar 85% dos limites pontuais da norma SIA 380/1, no caso da área desses elementos ser 60% da área total da envolvente. Caso isso não se aplique, esses elementos devem respeitar 75% dos limites pontuais da mesma norma;
- Devem ser respeitadas as medidas e padrões energéticos.

Ampliações de edifícios que não correspondam ao ponto anterior:

- As necessidades de aquecimento devem ser inferiores ou iguais a 80% das necessidades admitidas de calor para aquecimento definidas na norma SIA 380/1;
- A parte de energia não renovável, que cobre as necessidades de aquecimento e AQS, é igual ou inferior a 70% das necessidades admitidas de calor definidas pela norma SIA 380/1;
- Os valores *cibles* definidos na norma SIA 380/4 são respeitados a nível de ventilação/climatização e iluminação;
- São respeitadas as medidas e padrões energéticos referidos no ponto 2.3.2.

Padrões de Muito Elevado Desempenho Energético – THPE

Os edifícios novos e existentes que respeitam os requisitos da etiqueta Minergie-P ®² respeitam também os padrões THPE. Os critérios THPE são os seguintes:

¹ Valores *cibles* são valores alvos com desempenho energético superior aos valores limites estabelecidos pela mesma norma.

² Etiqueta Minergie-P ® é definida no anexo 2.

Edifícios novos:

- As necessidades de aquecimento são iguais ou inferiores a 60% das necessidades admitidas de calor definidas na norma SIA 380/1;
- A parte de energia não renovável, que cobre as necessidades de aquecimento e AQS, é igual ou inferior a 50% das necessidades admitidas de calor definidas pela norma SIA 380/1;
- Os valores *cibles* definidos na norma SIA 380/4 são respeitados a nível de ventilação/climatização e iluminação;
- São respeitadas as medidas e padrões energéticos.

3. Relatório de estágio

3.1 Empresa Amstein + Walthert SA

A sociedade A+W foi fundada em Zurique em 1927 e é composta, actualmente, por sociedades anónimas situadas em 8 cidades suíças e por duas filiais, também na Suíça. É dirigida pelos seus proprietários e não está ligada, tanto administrativamente como financeiramente, a qualquer entidade exterior.

A A+W Genève SA está em funcionamento desde 1981.

Tabela 2 - Principais actividades e número de colaboradores da Amstein + Walthert Genève SA.

Principais actividades	Engenheiros Consultores Especialistas	Técnicos Projectistas	Total
Parte técnica dos edifícios: climatização (aquecimento e arrefecimento), ventilação, AQS, electricidade, automatização dos edifícios	21	16	37
Consultadoria: desenvolvimento sustentável, ambiente, energias, ecologia, física dos edifícios, gestão de resíduos, planificação energética territorial, gestão de águas, auditorias, alta qualidade ambiental, certificação, etiquetas, simulação térmica dinâmica, iluminação, ...	9		9
Administração		4	4
Aprendizes		5	5
Total de colaboradores			55

Principais actividades da A+W de Genebra:

- Engenharia (parte técnica dos edifícios)

A empresa dispõe de capacidade técnica, relativamente à construção dos edifícios, para responder de uma forma detalhada às questões, relativas a todas as áreas da engenharia de construção. A A+W tem como objectivo o desenvolvimento dos conceitos sustentáveis, do ponto de vista ecológico, durante todo o ciclo de vida dos edifícios e das instalações projectadas.

- Parte técnica de aquecimento dos edifícios

Nesta área são definidas soluções personalizadas, em todos os domínios da engenharia térmica, tanto a nível de novas instalações, como de renovação de instalações existentes. De uma maneira geral, o objectivo está na procura de fontes de energia existentes no local e na sua utilização para o aquecimento do edifício em questão, no sentido de assegurar o conforto térmico. A distribuição de calor é adaptada às necessidades reais e optimizada do ponto de vista hidráulico, a fim de reduzir a energia necessária para o seu transporte.

- Parte técnica de ventilação dos edifícios

O conhecimento no campo da aerodinâmica e a actualização constante de informação sobre a tecnologia de ponta permite a optimização das instalações. Através destes projectos de optimização e de sistemas de recuperação de calor, é possível reduzir em grande parte o consumo energético das instalações de ventilação.

- Parte técnica na climatização dos edifícios

O objectivo, relativamente aos sistemas de refrigeração, é dimensionar instalações com o máximo de eficiência energética possível, através de uma análise cuidada das

condições do projecto e dos equipamentos actuais. O aproveitamento do potencial de sistemas *free cooling*¹ e de recuperadores de calor estão intrínsecos nas reflexões conceptuais.

- Parte técnica sanitária

A água potável é um bem vital e esgotável. Nesse sentido, cada projecto é desenvolvido de forma eficaz e sustentável, no que diz respeito ao fornecimento de água aos edifícios, evacuação e tratamento da mesma.

- Instalações eléctricas

As exigências e necessidades específicas de cada projecto têm uma forte influência, no tipo de estratégia a tomar, ao nível das instalações eléctricas dos edifícios. Os projectos são abordados de uma forma global e são tomadas em conta essas especificidades. Esta abordagem permite o desenvolvimento de ideias, que garantem potências de ligação optimizadas, a segurança operacional e a garantia de um aproveitamento sustentável das energias primárias utilizadas. As prestações de serviços estão dentro de qualquer área da engenharia electrotécnica, integradas na tecnologia mais recente.

- Coordenação espacial

A construção de um edifício implica também uma necessidade de coordenação espacial. A experiência nesta área garante uma planificação coerente na fase de projecto, entre a arquitectura, a estrutura, os processos e as técnicas de construção. O objectivo consiste em integrar as técnicas que melhor se adaptam a cada construção, de uma forma racional, eficiente e estética.

- Automatismo dos edifícios

A regulação inteligente permite o controlo dos recursos energéticos. Para isso, é necessária a integração dos recursos de automação do edifício, desde as primeiras fases do projecto técnico. O dimensionamento destes sistemas tem como base um modelo físico do edifício, onde são definidas as características dos elementos principais.

- Segurança

A segurança é bastante importante. No contexto particular dos edifícios é possível assegurar-na na base de uma análise de riscos e condições específicas – como as normas de segurança, obrigações administrativas ou ainda os processos operacionais. O principal objectivo é estabelecer e desenvolver uma gestão sistemática de riscos e permitir a implementação de conceitos, que oferecem um nível de segurança adequado para cada situação.

- Planificação global

O projecto técnico é elaborado de maneira interactiva, através do diálogo com o cliente, com os utilizadores do edifício, com os arquitectos, com os engenheiros civis e com os mestres-de-obras. Assim, é possível garantir uma exploração eficaz de todos os aspectos inerentes ao ciclo de vida do edifício. O trabalho em equipa, que integre os colaboradores de cada especialidade, aumenta a qualidade do projecto e a sua eficiência em todos os aspectos.

- Consultadoria

Este grupo de trabalho encontra soluções sustentáveis ao longo do ciclo de vida do caso de estudo, desde as visões estratégicas do planeamento territorial até à optimização dos edifícios e instalações existentes.

¹ Utilização do ar exterior para arrefecimento.

- **Conselhos aos mandatários dos projectos**

Existe um grande número de mandatários que não tem formação no planeamento e construção do seu património imobiliário. Por isso, uma das funções deste grupo é aconselhar sobre os diferentes aspectos e medidas a tomar relativamente ao seu projecto.

- **Física dos edifícios e acústica**

A óptima utilização do edifício depende, bastante, da escolha adequada dos materiais de construção, assim como da sua disposição na envolvente do mesmo. Algumas decisões feitas inicialmente são determinantes, ao nível da limitação de perdas de energia no inverno, do conforto estival ou da protecção acústica, tanto no exterior como no interior, sendo difíceis de alterar mais tarde. Devem ser tomados em conta, antecipadamente, todos os parâmetros para poder assegurar o conforto e a coerência a longo prazo no edifício.

- **Protecção contra incêndios**

Os conceitos inovadores de protecção contra incêndios são produto de uma cooperação interdisciplinar, de todas as partes envolvidas no planeamento. São desenvolvidos conceitos personalizados, com enfoque na optimização das interações, entre os aspectos arquitecturais, técnicos e organizacionais, adaptados a cada projecto, através, de simulações para o desenvolvimento de soluções óptimas, sempre que seja necessário.

- **Energia**

Um aumento da eficiência energética conduz a benefícios ecológicos e económicos, relativamente aos proprietários e aos próprios utilizadores dos edifícios. Neste sentido, é importante centrar qualquer projecto neste assunto. Através de auditorias energéticas é possível identificar-se, de acordo com critérios económicos e ambientais, o potencial da optimização das instalações e dos seus sistemas. É nesta base que são pensadas as medidas apropriadas, para a melhoria da eficiência energética e são previstos os resultados dessas mesmas medidas.

- **Iluminação**

A luz é um elemento importante num projecto de arquitectura. Alguns dos temas abordados no domínio da iluminação incidem sobre os efeitos da luz, a concepção das cores e dos materiais, e na ergonomia dos postos de trabalho, tendo em conta as protecções solares e a iluminação natural. A disposição da luz é um estudo feito, não só através da inter-relação espaço e percepção e das normas legais, como também da sustentabilidade no fornecimento de energia e da manutenção.

- **Gestão de riscos**

Para muitas empresas, o sucesso económico depende de uma avaliação correcta dos riscos inerentes aos edifícios e às suas instalações, assim como o seu controlo sistemático. A análise de segurança, de potenciais riscos, de restrições regulamentares e de padrões operacionais permite o desenvolvimento de medidas eficazes.

3.2 A minha participação na empresa Amstein + Walthert Genève SA.

O meu trabalho na empresa A+W foi, maioritariamente, no âmbito da Consultadoria que diz respeito à física dos edifícios. Para a realização dos projectos conceptuais de energia dos edifícios em estudo, foi necessário fazer um estudo aprofundado das normas suíças. Estas estabelecem métodos de cálculo e limites que permitem uma análise cuidadosa de cada caso e a comparação dos mesmos, tendo como objectivo a eficiência energética.

Durante este estágio foi necessário aprender o funcionamento de diferentes softwares que facilitam a análise dos projectos em estudo. Entre os quais destacam-se:

- Lesosai 6/7.1
- DWG TrueView 2011
- Adobe Acrobat 8 Standard
- Meteonorm 6.1
- SIA Tool Klimatisierung
- IDA – Indoor Climate and Energy

Na Tabela 3 estão descritos alguns dos projectos em que participei, ao longo deste ano de estágio, tendo em conta a minha função em cada um deles.

Tabela 3 - Lista detalhada de alguns projectos em que participei, principais características e a minha participação nos mesmos.

Projecto	Principais características	Participação
SIG Bât73	Edifício histórico; Edifício público; Nova construção; Tipologia ¹ IV.	Reuniões com arquitectos e engenheiros; projecto conceptual de energia; Minergie - A _E : 394 m ² ; respectivos formulários legais ² ; cálculo de necessidades de climatização e ventilação.
Posto dos correios - Petit Lancy	Edifício público; Renovação e ampliação; Tipologia III.	Projecto conceptual de energia arquitecturas; HPE (ampliação) - A _E : 184 m ² e SIA 380/1:2009 (renovação) - A _E : 965 m ² ; respectivos formulários legais; cálculo de necessidades de climatização e ventilação.
Museu de Arte e História	Edifício histórico; Edifício público; Renovação e ampliação; Tipologia VII, III, VI.	Reuniões com arquitectos e engenheiros; Justificativo térmico ³ da ampliação; HPE - A _E : 6336 m ² ; respectivos formulários legais.
UICN	Balanço ecológico	Tradução de francês para inglês do relatório de impacto ambiental do edifício.
Escola Le Sapay ⁴	Edifício público; Nova construção; Tipologia II, IV, VI, XI e XII.	Reuniões com arquitectos e engenheiros; projecto conceptual de energia arquitectural; THPE - A _E : 14319 m ² .
Corsier - B	Edifício privado; Ampliação; Tipologia I.	Projecto conceptual de energia; Minergie - A _E : 3434 m ² ; respectivos formulários legais.
Grand-Prè Residence	Edifício privado; Nova construção; Tipologia I.	Projecto conceptual de energia arquitectural; Minergie; projecto conceptual de ventilação; projecto conceptual técnico de aquecimento - A _E : 10885 m ² ; respectivos formulários.
Amourins	Edifício privado; Renovação; Tipologia I.	Justificativo térmico; Minergie - A _E : 2249 m ² .
Canton de Vaud - Bilan thermique	Diversos edifícios industriais; Construção nova; Tipologia IX.	Reuniões com arquitectos; pedido de autorização de construção; justificativo térmico; SIA 380/1:2009; respectivos formulários legais - A _E : 77 m ² (Rossiniere), 53 m ² (Ormont-Dessous), 77 m ² (Oppens), 75 m ² (l'Abbaye), 85 m ² (Bretonniers);
Calas	Edifício privado; Edifício de importância; Renovação e ampliação; Tipologia I.	Projecto conceptual de energia arquitectural; HPE (ampliação) e 380/1:2009 (renovação); respectivos formulários; A _E : 7039 m ² (renovação) 1926 m ² (ampliação).
DCTI	Edifício público; Renovação e ampliação; Tipologia III.	Projecto conceptual de energia arquitectural; Minergie P - A _E : 12220 m ² ; dimensionamento do sistema de climatização.
Céligny	Edifício privado; Renovação e ampliação; Tipologia II.	Cálculo de proposta de honorários.
Pregny Chambes ⁵	Edifícios privados; Construção nova; Tipologia II.	Projecto conceptual de energia; Minergie - A _E : 200 m ² ; respectivos formulários legais.

¹ Tipologias descritas no anexo 1.

² O estado exige a realização de diversos formulários legais para possibilitar o desenvolvimento do projecto em questão.

³ O justificativo térmico é o cálculo que mostra que as necessidades de energia cumprem o limite estabelecido. Este é obtido através o programa Lesosai.

⁴ Projecto apresentado no ponto 3.2.1.

⁵ Projecto apresentado no ponto 3.2.2.

Hotel Grand-Prè	Edifício privado; Renovação e ampliação; Tipologia I, VI, III.	Projecto conceptual de energia arquitectural; Minergie (ampliação); 380/1:2009 (renovação) - A_E : 5370 m ² (renovação); 1279 m ² (ampliação).
Tamoil - Saint Prex	Edifício privado; Ampliação; Tipologia X.	Justificativo térmico - A_E : 41 m ² (SIA 380/1:2009).
Frehner	Edifício privado; Nova construção; Tipologia II.	Pedido de autorização de construção; justificativo térmico; Minergie; respectivos formulários - A_E : 184 m ² .
Chemin Terroux	Edifício privado; Nova construção; Tipologia I.	Reuniões com mandatário e arquitectos; projecto conceptual de energia arquitectural; Minergie - A_E : 1279 m ² ; respectivos relatórios.
Chemin Montagne - Credit Suisse	Edifício privado; Edifício de importância; Renovação e ampliação; Tipologia I.	Justificativo térmico da ampliação; Minergie - A_E : 5746 m ² .
Allianz - Fase II	Edifício privado; Renovação e ampliação; Tipologia III.	Cálculo de necessidades de ventilação e climatização; projecto conceptual de energia arquitectural; respectivos relatórios.
Quadrilatère	Edifício privado; Renovação; Tipologia III.	Visita ao edifício para análise do estado actual do mesmo.
Posto dos correios - Rive	Edifício privado; Renovação; Tipologia III.	Visita ao edifício para análise do estado actual do mesmo.

3.2.1 Projecto conceptual de energia – Escola Le Sapay (THPE):



Fig. 9 - Modelo final previsto para a escola Le Sapay.

Projecto de pré-dimensionamento do complexo escolar primário público Le Sapay em Genebra, a 410 m de altitude e com uma A_E de 14'319 m², constituído por 3 pavilhões e por 5 tipologias diferentes (Tabela 4).

Tabela 4 - Características do grupo de edifícios a nível de tipologia e A_E

Tipologia ¹	A_E [m ²]	
II	Residência individual	147,3
IV	Escola	9'534,7
VI	Restauração	590,7
XI	Instalações desportivas	2'358,4
XII	Piscinas cobertas	1'688,1
Total	14'319,2	

¹ Segundo a SIA 380/1.

A minha participação neste projecto consistiu na elaboração do projecto conceptual arquitectural que se traduziu no seguinte:

- Medição das diferentes plantas e alçados;
- Análise do contexto legal ao nível das limitações normativas deste projecto;
- Determinação das necessidades de aquecimento devido às perdas térmicas pela envolvente do edifício (através do programa Lesosai 7.1) – Justificativo térmico;
- Determinação das pontes térmicas presentes nos diferentes pavilhões (através do programa Lesosai 7.1) e elaboração de estratégias, tendo em vista o objectivo de minimizar e reduzir as mesmas;
- Cálculo de valores U máximos contidos no limite legal (através do programa Lesosai 7.1);
- Escolha de materiais e respectivas espessuras para os valores U calculados (através do programa Lesosai 7.1);
- Elaboração da parte do relatório correspondente ao meu trabalho neste projecto.

Obrigações legais

Este projecto responde às exigências legais da Lei sobre a Energia de Genebra (L 2 30) e do seu regulamento de aplicação (L 2 30.01).

Este complexo escolar insere-se na categoria dos edifícios não privados e nos edifícios de importância.

Projecto conceptual de energia

Este projecto está dentro do grupo de edifícios não privados com um valor de A_E superior a $10'000 \text{ m}^2$, o que se traduz na obrigação do cumprimento dos limites legais THPE¹. De forma a respeitar estes limites, as necessidades de calor deste projecto devem ser inferiores aos valores *cibles*², do valor limite da norma SIA 380/1.

Projecto conceptual de energia arquitectural

Determinação das necessidades de aquecimento devido às perdas térmicas pela envolvente do edifício (através do programa Lesosai 7.1)

Através do programa informático Lesosai, foram introduzidos passo a passo os dados necessários para o balanço térmico na estação de aquecimento.

- Descrição em passos gerais:

O primeiro passo consiste na introdução do tipo de obra³ e a estação meteorológica do local de projecto, sendo efectuada de seguida, a introdução das diferentes tipologias deste projecto. Para cada tipologia são especificadas a A_E e a altura por piso, da correspondente zona aquecida (Fig. 10).

¹ Segundo o REn Art 12 Q al.5

² Valores apresentados no anexo 1.

³ Edifício novo, transformação ou ampliação.

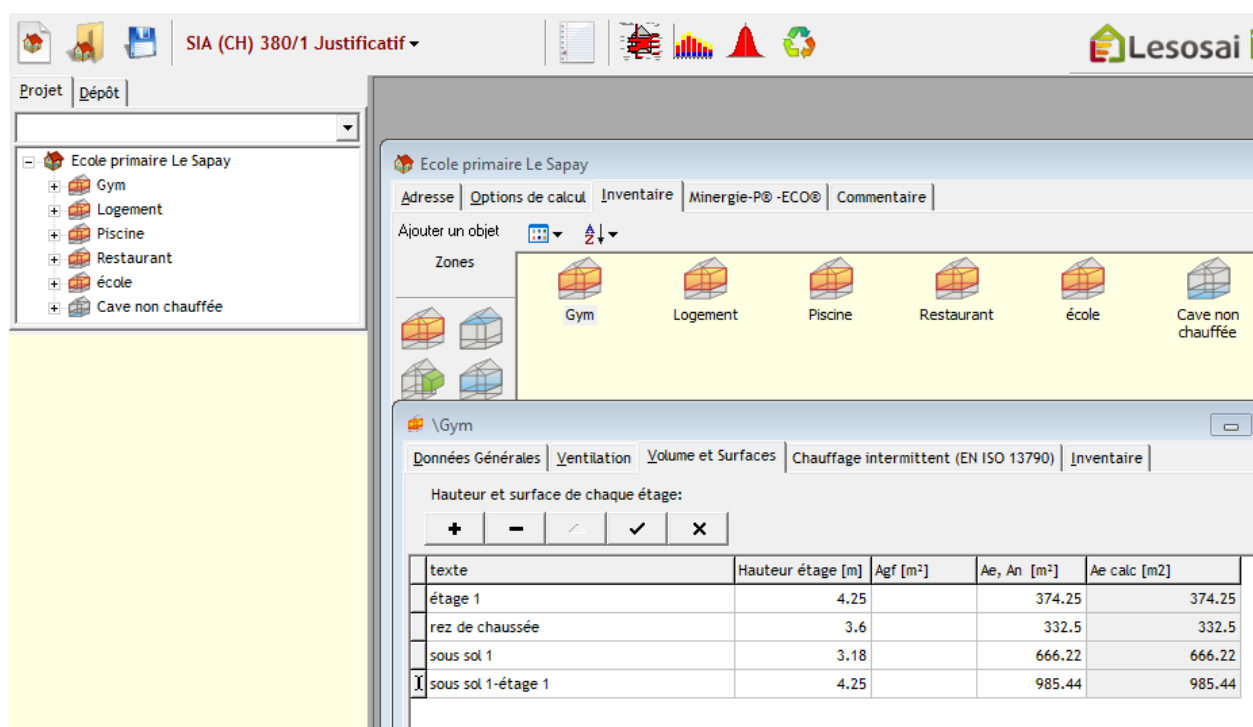


Fig. 10 - Especificação das diferentes tipologias e respectivas A_E e alturas. [35]

Em cada zona são descritas, através da sua área, material (ou valor U) e ângulo¹, todas as superfícies opacas da envolvente, que delimitam o espaço aquecido².

Em cada superfície opaca são introduzidos vãos envidraçados e portas. Os vãos envidraçados são definidos pela sua área, tipo de vidro e caixilho e sombreamentos (Fig. 11).

¹ No caso das fachadas – ângulo de orientação das mesmas; no caso das restantes superfícies – ângulo de inclinação.

² Pavimentos, paredes, fachadas, coberturas, etc.

Données Générales | Fraction ombrée | Store, rideau et perm. | Système de chauffage | Ecobilan du bâtiment:

Dimensions
☒ Libres ☐ Calculées +

Nom pour rapport:

Surface [m²] Nb de fenêtres: U Gp [W/m²K] [-]

Type de vitrage:

Type de cadres: ☒ Coeff. U cadre [W/m²K] Menuiserie:

Fraction de cadre ☐ [%] 20 Intercalaire du vitrage: ☐ [m] 25.9

Coeff. linéique ψ [W/m·K]

0% 10% 20% 30% 40% 50%

Coef Ug du vitrage: [W/m²K]
 Coef Ujn du vitrage: [W/m²K]
 Coef Uf du cadre: [W/m²K]
 Coeff. U global: [W/m²K]
 Coeff. U x b x Surf.: [W/K]

Données Générales | Fraction ombrée | Store, rideau et perm. | Système de chauffage | Ecobilan du bâtiment:

☐ Fixe [%]
☐ Variable mensuellement, avec le climat, entre les limite
 Minimum [%] Maximum [%]
☒ Calculée [%]

Ecrans latéraux (vue du haut)

Long. gauche [cm] Long. droite [cm] Distance surplomb [cm] Horizon (vue latérale)

Long. surplomb [cm]

2875 Long. fenêtre [cm] 0 225

Dist. gauche [cm] Dist. droite [cm] Hauteur fenêtre [cm] Angle de l'horizon [°]

Fig. 11 - Características introduzidas a nível dos vãos envidraçados - área e tipo de vidro, tipo e percentagem de caixilho, sombreamentos. [35]

A introdução dos dados relativos a locais não aquecidos é opcional, visto o programa ter definidos os valores do factor de redução de perdas (b), tabulados pela Norma 380/1¹. Estes variam com a escolha do tipo de local não aquecido estabelecido na mesma Norma. Para uma optimização do cálculo é aconselhada a introdução dos dados destes em causa. No caso da escola Le Sapay, existe um espaço não aquecido de elevadas dimensões em contacto com locais aquecidos. Optou-se por dimensionar o espaço não aquecido inserindo-o no cálculo do balanço térmico.

¹ Norma 380/1 resumida no anexo 1.

Determinação das pontes térmicas presentes nos diferentes pavilhões (através do programa Lesosai 7.1) e elaboração de estratégias com o objectivo de minimizar e reduzir as mesmas

As pontes térmicas são pontos fracos da envolvente térmica, onde o calor é direccionado de uma forma superior, em relação aos elementos adjacentes. Os pontos fracos das referidas pontes térmicas surgem devido a factores como, a alternância de materiais, a mudança de geometria da envolvente ou à penetração de outro elemento¹. As pontes térmicas podem resultar em fluxos térmicos mais elevados e em riscos do ponto de vista da física do edifício².

O objectivo é minimizar ao máximo as pontes térmicas, fazendo o possível por evitar as situações causadoras das mesmas. Visto este projecto ser THPE, o nível de exigência do limite das necessidades de energia de aquecimento é bastante elevado. Consequentemente, a análise do processo é feita de uma forma mais detalhada.

De seguida estão representados 3 exemplos de casos de pontes térmicas estudados neste projecto:

1. No anexo 4 está o resultado de uma simulação dinâmica feita através do programa Flixo, onde são comparadas duas variantes de um pavimento da envolvente térmica, em contacto com uma parede de um local não aquecido. É demonstrada a diferença existente, entre dois comprimentos de isolamento ao longo da parede, a nível de redução das pontes térmicas. O caso, cujo comprimento do isolamento é superior, obtém, por isso, um valor de ψ inferior.

Neste caso, é possível reparar também na percentagem de humidade relativa, a partir da qual existe risco de condensação ($\phi_{80\%}$). Onde o comprimento do isolamento é superior, o valor desta percentagem é mais elevado relativamente ao primeiro caso, ou seja, o risco de condensação é reduzido com o aumento do comprimento do isolamento.

2. Na Fig. 12, é possível encontrar uma ponte térmica resultante da mudança de geometria da envolvente térmica. O isolamento é assim colocado em torno desta quebra geométrica, de modo a minimizar as pontes térmicas.

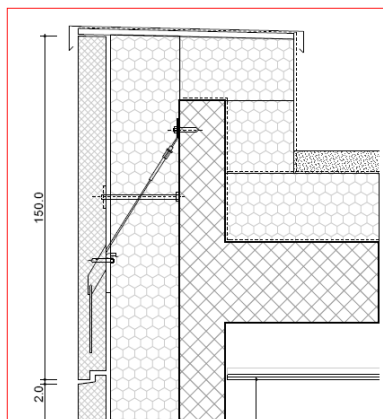


Fig. 12 - Detalhe do isolamento da ligação da fachada com o terraço, onde o isolamento está definido pelo exterior.

3. Na Fig. 13 é possível ver as pontes térmicas resultantes da ligação entre o vão envidraçado e a parede da fachada. O isolamento é colocado no exterior da fachada e prolongado sobre o término da parede de betão e sobre o caixilho da janela, reduzindo assim o valor ψ das pontes térmicas presentes.

¹ Exemplo: pilar, vigas, etc.

² Exemplo: formação de condensação superficial.

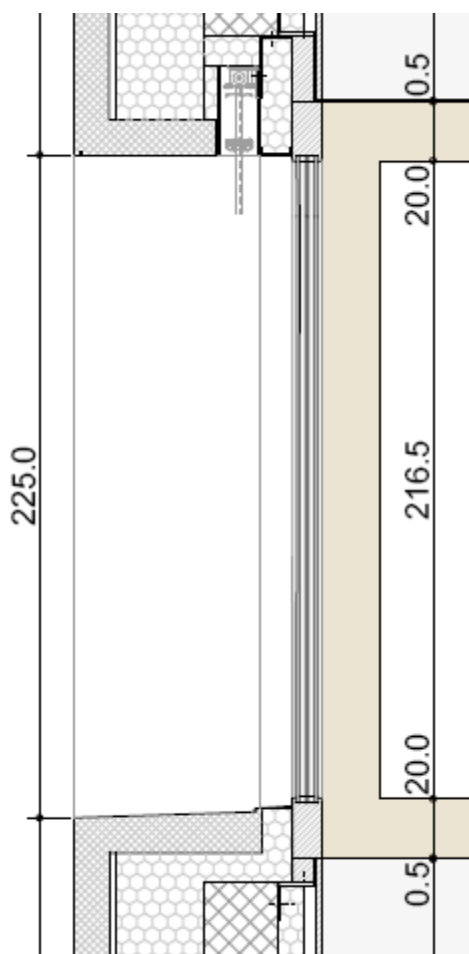


Fig. 13 - Detalhe do isolamento exterior na ligação da fachada com o vão envidraçado.

Segundo o catálogo de pontes térmicas e após uma análise completa de todas as possíveis situações e minimizações, as pontes térmicas deste projecto são as seguintes:

- Ombreira das janelas

Isolamento exterior		4.1-A5		
	U parede W/m ² .K	Tipo de janela Ψ-Wert [W/mK]		
		Madeira	Madeira-Metal	Plástico
	0.10	0.15	0.20	0.16

Fig. 14 - Ponte térmica resultante da ligação entre a ombreira e a fachada. [32]

- Padieira lateral das janelas

Isolamento exterior		5.1-A3		
	U parede W/m ² .K	Tipo de janela Ψ-Wert [W/mK]		
		Madeira	Madeira-Metal	Plástico
	0.10	0.11	0.16	0.12

Fig. 15 - Ponte térmica resultante da ligação entre a padieira e a fachada. [32]

- Peitoril das janelas

Isolamento exterior		5.2-A7		
	U parede W/m ² .K	Tipo de janela Ψ-Wert [W/mK]		
		Madeira	Madeira-Metal	Plástico
	0.10	0.12	0.18	0.13

Fig. 16 - Ponte térmica resultante da ligação entre o peitoril e a fachada. [32]

- Ligação entre terraço e fachada

Valor de ψ calculado por interpolação, onde $\psi = 0.16$ W/m.K.

Espessura do isolamento na parte interior do elemento adjacente: 10 cm com $\lambda = 0.033$ W/m.K
 Espessura do isolamento sobre o elemento adjacente: 6 cm com $\lambda = 0.033$ W/m.K

	U Fachada e Terraço 0.10 W/m ² .K	Material do elemento adjacente ao terraço Ψ [W/mK]		
		Betão armado	Blocos de cimento	Tijolo
Altura do elemento adjacente [cm]				
25		0.12	0.09	0.04
50		0.15	0.10	0.05
75		0.17	0.10	0.05
100		0.19	0.11	0.05

Fig. 17 - Ponte térmica resultante da ligação entre o terraço e a fachada. [32]

Estratégias relativas às necessidades de aquecimento

Com a finalidade de reduzir as perdas térmicas, através da envolvente térmica, é necessário adequar os respectivos coeficientes de transmissão térmica (U). Isso é conseguido, através da utilização de materiais com elevada resistência ao calor e da regulação das suas espessuras.

Através do programa Lesosai 7.1, é possível especificar as diferentes camadas de materiais de cada elemento opaco da envolvente térmica. Na Fig. 18 está representado um exemplo de um dos elementos – a fachada em contacto com o terreno, onde são definidos 20 cm de betão armado, 0,1 cm de betume e 30 cm de isolamento exterior, onde é obtido um valor U de 0,11 W/m².K.

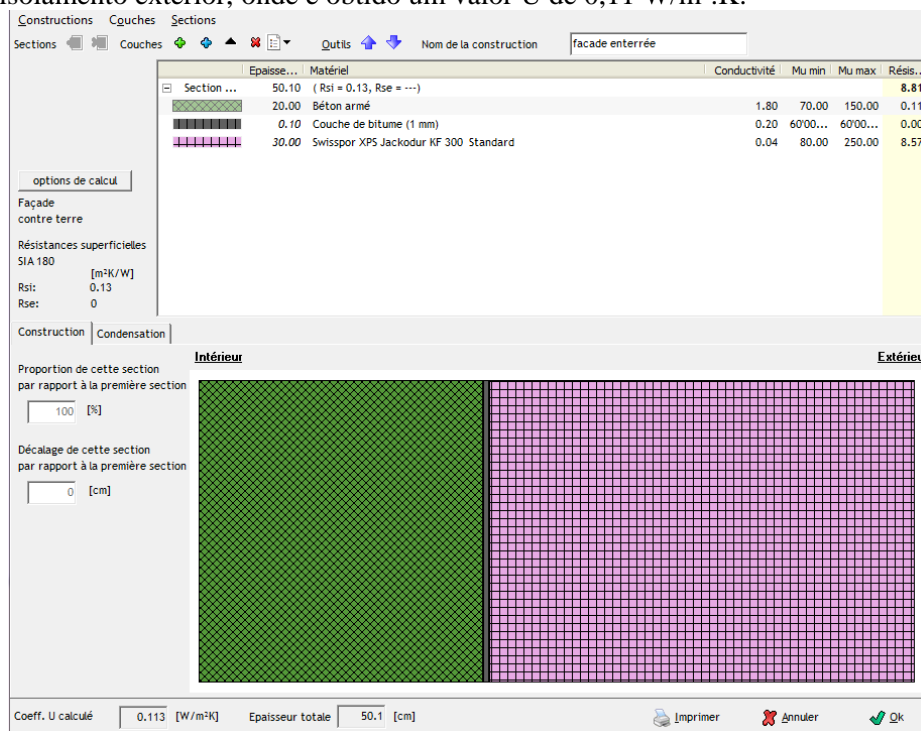


Fig. 18 - Características dos materiais da envolvente térmica da fachada em contacto com o solo. [35]

Relativamente às superfícies envidraçadas, como se pode verificar na Fig. 11, é possível definir o tipo de vidro e caixilho. Na Fig. 19 pode ver-se o catálogo de vidros disponível neste programa e as suas características. O tipo de vidro é escolhido, não só em termos de valor U, como em termos de factor g. O valor U define a quantidade de energia que é perdida por transmissão, e o valor G_p é o quociente entre a energia solar transmitida para o interior e a radiação solar que nele incide de uma forma perpendicular. O valor g é definido como sendo $0,9 G_p$.

Producteur	Nom	U	Gp	Gg	TLum
Flachglas (Pilk)	Triple vetroTherm 1.0 2x couche low-E 6/12/6/12/6	0.4	0.44	0	0.66
Flachglas (Pilk)	Triple vetroTherm 1.0 2x couche low-E 6/12/6/12/6	0.6	0.44	0	0.66
Flachglas (Pilk)	Triple vetroTherm 1.0 2x couche low-E 6/12/6/12/6	0.9	0.44	0	0.66
Flachglas (Pilk)	Triple vetroTherm 1.1 Trio avec isolation accoustique accrue, 5	0.7	0.47	0	0.7
Flachglas (Pilk)	Triple vetroTherm 1.1 Trio avec isolation accoustique accrue, 5	0.6	0.49	0	0.71
Flachglas (Pilk)	Triple vetroTherm 1.1 Trio avec isolation accoustique accrue, 5	0.5	0.49	0	0.71
Flachglas (Pilk)	Triple vetroTherm 1.1 Trio avec isolation accoustique accrue, 5	0.7	0.49	0	0.71
Flachglas (Pilk)	Triple vetroTherm 1.1 Trio avec isolation accoustique accrue, 5	0.7	0.48	0	0.7
Flachglas (Pilk)	Triple vetroTherm 1.1 Trio avec isolation accoustique accrue, 5	0.5	0.48	0	0.7
Flachglas (Pilk)	Triple vetroTherm 1.1 Trio avec isolation accoustique accrue, 5	0.7	0.48	0	0.7
Flachglas (Pilk)	Triple vetroTherm 1.1 Trio avec isolation accoustique accrue, 5	0.7	0.47	0	0.69

Fig. 19 - Catálogo de vidros e respectivas características - U, g e Transferência de luz. [35]

A escolha dos valores U dos materiais deve ter em conta os valores U máximos¹, para evitar a condensação. Os valores U são um factor de importância, a nível de necessidades térmicas, e pode contribuir bastante para que estas não ultrapassem o valor limite legal.

A composição principal das superfícies, quês estão em contacto com o exterior ou locais não aquecidos, são indicadas, de seguida, nas Tabela 5 e Tabela 6.

Tabela 5 - Características dos vãos envidraçados da envolvente térmica.

Superfícies não opacas		
Características	Valor U [W/m ² .K]	Coefficiente g
Vidros triplos	0,5	≤ 0,54
Caixilharia de madeira/metal com garantia de ruptura das pontes térmicas	1,3	-

¹ Presentes na Norma 180, resumida no anexo 1.

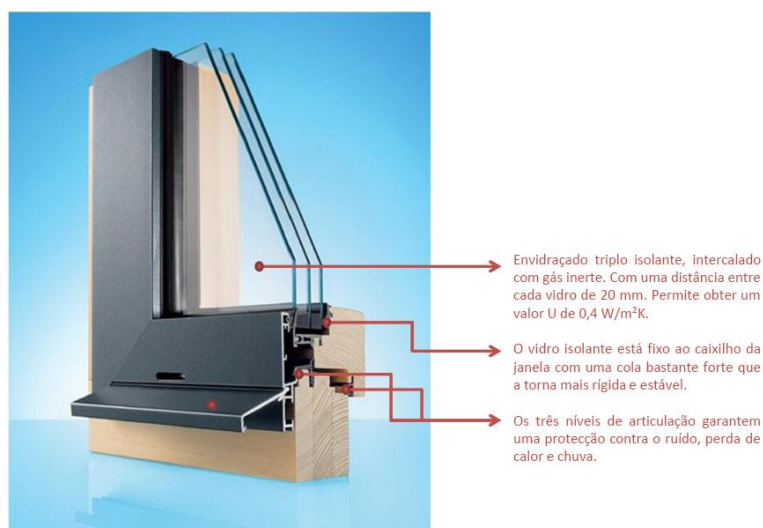


Fig. 20 - Detalhe de vão envidraçado de vidro triplo. [40]

Tabela 6 - Composição principal dos elementos opacos da envolvente térmica.

Superfícies opacas		
Elemento da envolvente térmica	Camadas de materiais ¹ , respectivas espessuras e condutividades térmicas ²	Valor U total [W/m².K]
Fachadas em contacto com o exterior	30 cm de isolamento do tipo Swisspor EPS ³ 30 ($\lambda=0,033$ W/m.K) ou equivalente + 20 cm de betão armado	$\leq 0,11$
Paredes em contacto com zonas não aquecidas	5 cm de isolamento Swisspor EPS 15 ($\lambda=0,038$ W/mK) ou equivalente + 25 cm de betão armado	$\leq 0,58$
Paredes da piscina em contacto com locais não aquecidos	14 cm de isolamento Flumroc TOPA acoustique ($\lambda=0,037$ W/mK) + 20 cm de betão armado	$\leq 0,24$
Paredes em contacto com o terreno	Material de drenagem periférica + 30 cm de isolamento exterior Swisspor XPS ⁴ Jackodur KF 300 Standard ($\lambda=0,035$ W/mK) ou equivalente + 20 cm de betão armado	$\leq 0,11$
Pavimento da zona do ginásio em contacto com a zona da piscina	30 cm de betão armado + 8 cm de isolamento Swisspor PUR ⁵ de mousse rígida ($\lambda=0,023$ W/mK) ou equivalente + 2 cm de isolamento acústico Swisspor EPS Roll EPS-T ($\lambda=0,039$ W/mK) ou equivalente	$\leq 0,22$
Pavimento em contacto com o exterior	30 cm de isolamento Swisspor EPS 30 ($\lambda=0,033$ W/mK) ou equivalente + 20 cm de betão armado	$\leq 0,11$
Pavimento em contacto com o terreno	5 cm de betão leve + 30 cm de isolamento Swisspor XPS Jackodur CFR 700 Standard ($\lambda=0,041$ W/mK) ou equivalente + 20 cm de betão armado	$\leq 0,13$
Pavimento da piscina em contacto com zona não aquecida	10 cm de isolamento Flumroc TOPA Acoustique ($\lambda=0,037$ W/mK) ou equivalente + 20 cm de betão armado + 2 cm de isolamento Swisspor EPS 30 ($\lambda=0,033$ W/mK) ou equivalente + 2 cm de Swisspor EPS Roll EPS-T ($\lambda=0,039$ W/mK) ou equivalente	$\leq 0,24$
Pavimento da zona da piscina em contacto com zona não aquecida	5 cm de isolamento Flumroc Topa Acoustique ($\lambda=0,037$ W/mK) ou equivalente + 25 cm de betão armado	$\leq 0,58$
Cobertura exterior	30 cm de isolamento Swisspor XPS Jackodur KF 300 Standard ou ($\lambda=0,035$ W/mK) + 30 cm de betão armado	$\leq 0,11$

¹ Indicadas a partir do exterior/local não aquecido até ao interior.

² Capacidade de transmissão de calor de um determinado material.

³ Isolamento térmico de polistireno expandido.

⁴ Mousse de polistireno extrudido.

⁵ Poliuretano.

Cobertura em contacto com pavimento exterior destinado à passagem de veículos pesados	25 cm de betão armado + 20 cm de isolamento Swisspor PUR de mousse rígida ($\lambda=0,026 \text{ W/mK}$) ou equivalente	$\leq 0,12$
---	---	-------------

Estratégias relativas às necessidades de arrefecimento

O isolamento térmico das coberturas exteriores permite uma protecção eficaz, relativamente ao sobreaquecimento ($U < 0,1 \text{ W/m}^2\text{K}$).

A inércia do edifício é assegurada pelo betão e pelas chapas de cimento que são constituintes dos pavimentos.

A colocação de protecções solares nos vãos envidraçados, permite limitar os ganhos solares não úteis no período estival e meia estação, evitando assim o uso de sistemas de climatização para arrefecimento. A colocação de estores exteriores de controlo automático asseguram um coeficiente g, conforme as exigências da Norma 382/1 (Fig. 21), e a abertura automática das janelas possibilita uma ventilação nocturna natural (no período estival) permitindo a libertação do calor acumulado pela massa estrutural do edifício.

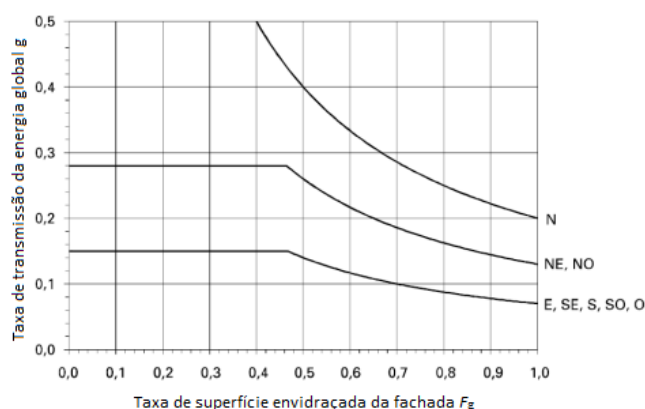


Fig. 21 - Valor limite do coeficiente g segundo a orientação das fachadas (SIA 382/1)

Justificativo da qualidade térmica da envolvente :

Como foi referido anteriormente, a qualidade térmica da envolvente foi calculada, através do programa Lesosai 7.1, com as seguintes condições:

- Tipo de intervenção: Edifício novo;
- Estação meteorológica: Genève-Cointrin (SIA 2028¹);
- Tipologias: Escolas, Instalações desportivas, Piscinas cobertas; Restauração e Residências individuais.

Os sombreamentos solares foram tidos em conta caso a caso.

¹ Données climatiques pour la physique du bâtiment, l'énergie et les installations du bâtiment.

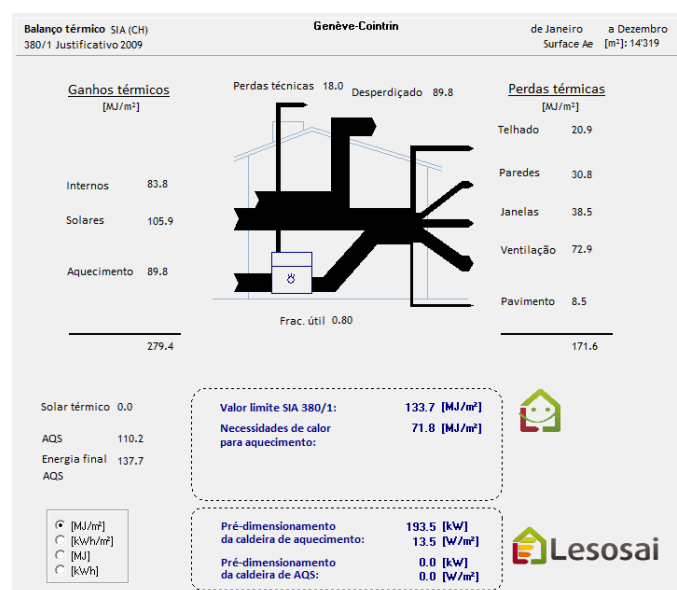


Fig. 22 - Diagrama do fluxo de energia e calor do balanço térmico. Diagrama de Sankey, [35].

Os resultados obtidos no programa Lesosai 7.1 estão apresentados na Fig. 22, através do diagrama de Sankey. Neste, é possível analisar os ganhos térmicos e as perdas térmicas, e verificar que as necessidades de aquecimento são $71,8 \text{ MJ/m}^2$ (para um rendimento do sistema de aquecimento na ordem dos 80%). Os ganhos térmicos dividem-se em:

- Ganhos internos – ocupantes, iluminação artificial e aparelhos eléctricos;
- Ganhos solares – ganhos solares passivos, provenientes essencialmente a partir dos vãos envidraçados;
- Ganhos por aquecimento não passivo – necessidade de energia final para o aquecimento.

As perdas térmicas dividem-se em:

- Perdas por transmissão de calor da envolvente térmica em contacto com zonas exteriores, não aquecidas ou solo – telhado, paredes, janelas e pavimento;
- Perdas por ventilação;
- Perdas técnicas – perdas provenientes da produção e distribuição do sistema de aquecimento;
- Calor desperdiçado – evacuação do calor em excesso proveniente dos ganhos internos e solares durante o verão e inverno.

Tabela 7 - Balanço térmico do projecto

Denominações	Valor	Unidades
A_E	14'319	m^2
Valor limite SIA 380/1 $Q_{h,li}$	133,7	MJ/m^2
Valor <i>cible</i> SIA 380/1 $Q_{h,ta}$	80,2	MJ/m^2
Necessidades de aquecimento Q_h	71,8	MJ/m^2

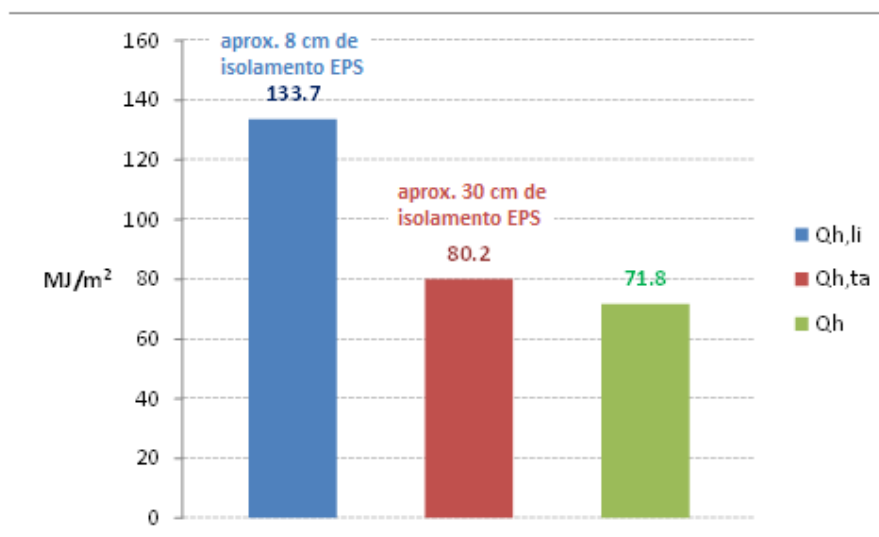


Fig. 23 - Comparação das necessidades de calor para aquecimento do projecto com os valores limite e *cible* da norma 380/1 e valor aproximado das espessuras de isolamento EPS utilizado em cada limite.

As necessidades térmicas de aquecimento, $71,8 \text{ MJ/m}^2$, são inferiores ao valor limite THPE, $80,2 \text{ MJ/m}^2$, (Tabela 7) respeitando assim a lei. No gráfico da Fig. 23, é feita uma comparação entre os valores limite e as necessidades térmicas deste projecto. É interessante ver a diferença, entre o limite segundo a Norma 380/1 e o limite THPE. Pois, com a obrigatoriedade deste último para os projectos com este tipo de características, as necessidades térmicas de aquecimento são (no mínimo) 40% mais baixas. Outro aspecto interessante é a espessura média dos materiais isolantes em cada um dos limites, onde, no limite de necessidades superior, esta atinge os 8 cm e no limite de necessidades inferior, este valor é à volta de 30 cm.

3.2.2 Projecto conceptual de energia – Moradias de Habitação Pregny-Chambésy

Este projecto consiste na construção de um lote de onze habitações em Pregny-Chambésy, Genebra, situado a 416 m de altitude, tendo como estação meteorológica de referência a estação Genève-Cointrin¹. A tipologia deste projecto é a II – Residência individual.

Cada moradia é constituída por cave, rés-do-chão e 1º andar, em que oito das onze moradias têm características similares e três têm características que diferem das restantes².

Foram realizados quatro projectos conceptuais de energia. O primeiro para as moradias A, D, E, G e K, visto a A_E de cada uma destas moradias ser idêntica, tendo sido considerado o pior caso³ para o cálculo das necessidades térmicas. Os outros três projectos recaíram nas moradias – B, C e F.

Nesta descrição vai ser apenas apresentado o projecto conceptual de energia relativo às moradias A, D, E, G e K.

¹ Segundo a norma SIA 2028.

² Em termos de A_E , vãos envidraçados, orientação, etc.

³ O pior caso é considerado a nível de necessidades térmicas de aquecimento, onde os vãos envidraçados e a orientação dos mesmos não é a mais favorável, neste caso é a moradia A.

Tabela 8 - A_E correspondente a cada habitação

Moradia	A_E (m ²)
A, D, E, G a K	200
B	145
C	172
F	162
Total	2079

A minha participação neste projecto engloba todas as etapas do projecto conceptual de energia. Desde a parte relativa à envolvente térmica, passando pela parte das instalações de aquecimento e ventilação, até ao relatório completo final.

Obrigações legais

Este projecto responde às exigências legais da Lei para a Energia de Genebra (L 2 30) e do seu regulamento de aplicação (L 2 30.01).

Este projecto deve respeitar também, as exigências Minergie, e assim, respeitar as exigências HPE¹.

Estes edifícios de habitação devem ser equipados com painéis solares térmicos, que satisfaçam pelo menos em 30%, as necessidades de energia para as AQS².

Devem também ser respeitadas as condições, de modo a garantir a protecção térmica estival, através das normas SIA 180, SIA 380/1 e SIA 382/1.

Ao nível da iluminação, as instalações devem respeitar os valores limite pontuais, que estão definidos na norma SIA 380/4.

Qualidade do ar interior

Para o cálculo dos débitos de ventilação, o número considerado de ocupantes dos locais, corresponde ao da utilização normalizada para edifícios de habitação.

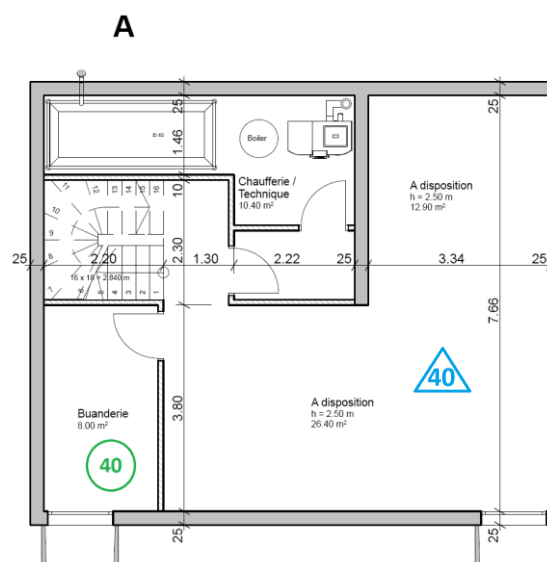


Fig. 24 - Planta do piso -1, representado a verde e a azul o fluxo de extracção e de insuflação, respectivamente em m³/h.

¹ L 2 30, Art. 12B al.1

² L 2 30.01, Art. 15 al.2

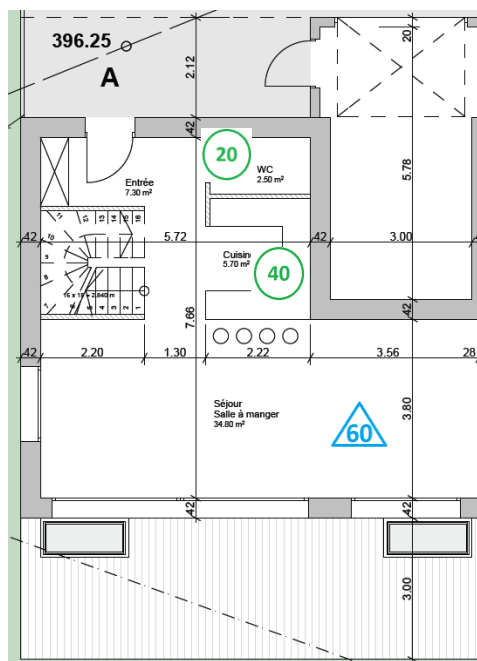


Fig. 25 - Planta do rés-do-chão, representado a verde e a azul o fluxo de extracção e de insuflação, respectivamente em m^3/h .

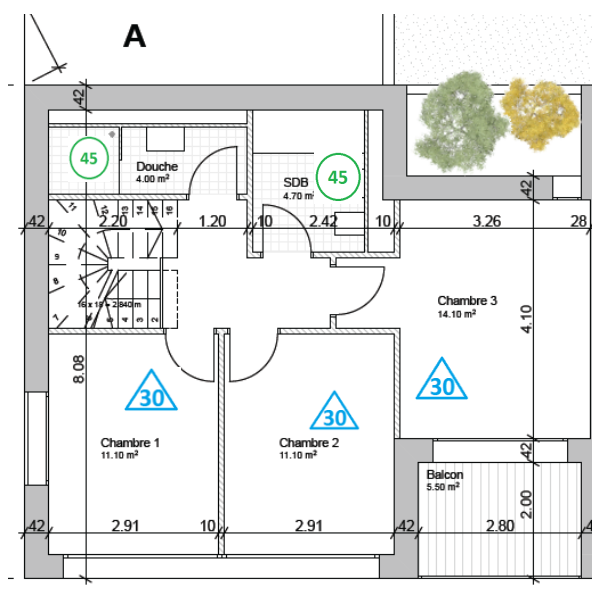


Fig. 26 - Planta do 1º andar, representado a verde e a azul o fluxo de extracção e de insuflação, respectivamente em m^3/h .

Nas Fig. 24, Fig. 25 e Fig. 26 é possível ver o fluxo de extracção e de insuflação, nas diferentes divisões, onde a insuflação é equilibrada em função da extracção. No caso da cave, o fluxo é de $40 \text{ m}^3/\text{h}$, considerando $40 \text{ m}^3/\text{h}$ de extracção na lavandaria e $40 \text{ m}^3/\text{h}$ de insuflação na sala. No rés-do-chão, o fluxo é de $60 \text{ m}^3/\text{h}$, considerando $20 \text{ m}^3/\text{h}$ de extracção no WC, $40 \text{ m}^3/\text{h}$ de extracção na cozinha e $60 \text{ m}^3/\text{h}$ de insuflação na sala. No 1º andar o fluxo é de $90 \text{ m}^3/\text{h}$, considerando $45 \text{ m}^3/\text{h}$ de extracção em cada sala de banho e $30 \text{ m}^3/\text{h}$ de insuflação em cada quarto.

Por isso, para este projecto, é prevista uma instalação de ventilação de duplo fluxo de $180 \text{ m}^3/\text{h}$ por habitação. Os débitos de ar por local são referidos também, na Tabela 9.

Tabela 9 - Débitos de ar por local¹.

Locais	Débito de ar novo [m ³ /h]	Débito de ar viciado [m ³ /h]
Cozinha	-	40
Salas de banho	-	45
WC	-	20
Quartos	30	-
Sala	60	-
Sala de jogos	40	-
Lavandaria	-	40
Sala da caldeira	-	-

Os exaustores das cozinhas serão equipados de extractores colocados nas coberturas das habitações e a garagem será constituída por ventilação natural.

Projecto conceptual de energia arquitectural

Esta parte segue a mesma linha do descrito no projecto da Escola Le Sapay, já anteriormente descrito.

A composição principal das superfícies, quês estão em contacto com o exterior ou locais não aquecidos, são indicadas, de seguida, nas Tabela 10 e Tabela 11.

Estratégias relativas às necessidades de aquecimento

Tabela 10 - Características dos vãos envidraçados da envolvente térmica.

Superfícies não opacas		
Características	Valor U [W/m ² .K]	Coefficiente g
Vidros duplos	1,0	≤ 0,47
Caixilharia de madeira/metal com garantia de ruptura das pontes térmicas	1,60	-

O valor g dos vidros foi definido de forma a beneficiar dos ganhos solares no inverno.

Tabela 11 – Composição principal dos elementos opacos da envolvente térmica.

Superfícies opacas		
Elemento da envolvente térmica	Camadas de materiais ² , respectivas espessuras e condutividades térmicas ³	Valor U total [W/m ² .K]
Fachadas em contacto com o exterior	18 cm de isolamento exterior Swisspor Lambda Vento ou equivalente ($\lambda=0,031$ W/mK) + 18 cm betão armado	≤ 0.17
Paredes em contacto com zonas não aquecidas	18 cm de isolamento exterior Swisspor EPS 15e Fassade ou equivalente ($\lambda=0,038$ W/mK) + 18 cm betão armado	≤ 0.20
Paredes em contacto com o terreno	18 cm de isolamento exterior XPS Jackdour KF 300 SF Standard ou equivalente ($\lambda= 0.035$ W/mK) + 18 cm betão armado	≤ 0,19
Pavimento em contacto com o terreno	18 cm de betão armado + 10 cm de isolamento Swisspor PUR Alu ou equivalente ($\lambda=0.023$ W/mK)	≤ 0.22

¹ Estes valores respeitam os valores limite de débito de ar mínimos do Caderno Técnico 2023.

² Indicadas a partir do exterior/local não aquecido até ao interior.

³ Capacidade de transmissão de calor de um determinado material.

Pavimento em contacto com zonas não aquecidas	18 cm de betão armado + 18 cm de isolamento swissporEPS 30 ou equivalente ($\lambda=0,033$ W/mK) + 2 cm Swisspor EPS-T resp. Roll EPS-T ou equivalente ($\lambda=0,039$ W/mK)	$\leq 0,16$
Cobertura exterior	14 cm SwissporPUR Voile ou equivalente ($\lambda=0,026$ W/mK) + 20 cm de betão armado	$\leq 0,17$
Cobertura em contacto com zonas não aquecidas	12cm swissporPUR Voile ou equivalente ($\lambda=0,026$ W/mK) + 20 cm de betão armado	$\leq 0,20$

Pontes térmicas

- Pala anexada à fachada exterior

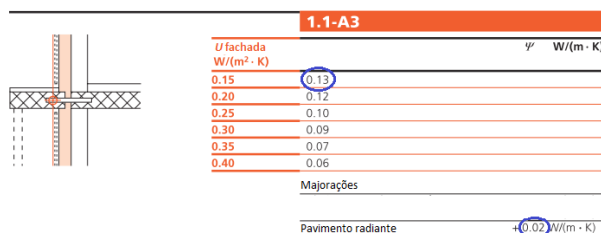


Fig. 27 - Ponte térmica resultante da ligação entre a pala exterior e a fachada. [12]

- Ligação entre terraço e fachada

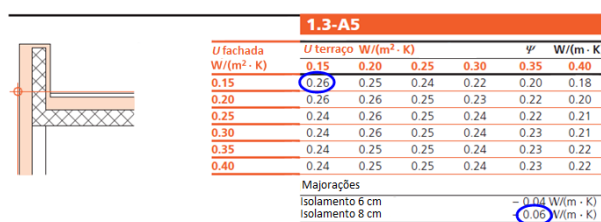


Fig. 28 - Ponte térmica resultante da ligação entre o terraço e a fachada. [12]

- Ombreira das janelas

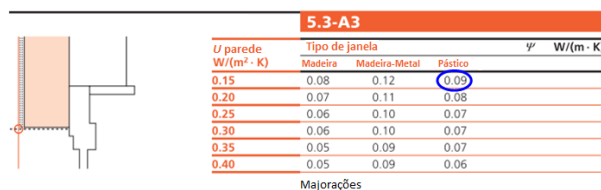


Fig. 29 - Ponte térmica resultante da ligação entre a ombreira e a fachada. [12]

- Padieira lateral das janelas

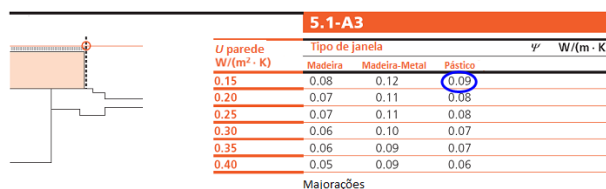


Fig. 30 - Ponte térmica resultante da ligação entre a padieira e a fachada. [12]

- Peitoril das janelas

5.2-A7

U parede W/(m² · K)	Tipo de janela			ψ W/(m · K)
	Madeira	Madeira-Metal	Pástico	
0.15	0.10	0.08	0.09	
0.20	0.09	0.08	0.08	
0.25	0.09	0.07	0.07	
0.30	0.08	0.06	0.07	
0.35	0.08	0.06	0.06	
0.40	0.07	0.05	0.06	

Majorações

Fig. 31 - Ponte térmica resultante da ligação entre o peitoril e a fachada. [12]

Estratégias relativas às necessidades de arrefecimento

A utilização de estores exteriores, sobre todos os vãos envidraçados, limita o sobreaquecimento estival, sendo estes obrigatórios segundo a etiqueta Minergie®.

A Tabela 12 apresenta os valores g, das superfícies envidraçadas deste projecto e os valores limite globais, sendo que estes devem ser obrigatoriamente respeitados.

Tabela 12 - Valor g dos vidros e globais

Fachada	Área de superfície envidraçada	Valor g (vidros)	Valor g global limite ¹
N	4% a 13%	0.47	1
S	13% a 22%	0.47	0.15
E	0% a 1%	0.47	0.15
O	0% a 13%	0.47	0.15

Justificativo da qualidade térmica da envolvente:

Condições utilizadas para cálculo da qualidade térmica da envolvente:

- Tipo de intervenção: Edifício novo;
- Estação meteorológica: Genève-Cointrin (SIA 2028)
- Tipologias: Residências individuais;

Os sombreamentos solares foram tidos em conta caso a caso.

Tabela 13 - Balanço térmico do projecto.

Denominações	Valor (Pior caso)	Unidades
A_E	1200	m ²
Valor limite SIA 380/1 $Q_{h,li}$	171	MJ/m ²
Limite Minergie	154	MJ/m ²
Necessidades de aquecimento Q_h	136	MJ/m ²

Projecto conceptual energético das instalações de aquecimento e ventilação:

Neste projecto, cada moradia terá à disposição uma caldeira na cave.

¹ SIA 382/1 – O valor g global limite considera os vãos envidraçados com estores activos.

Produção e distribuição de calor

A potência necessária para o aquecimento do edifício e das AQS, correspondente a cada moradia é estimado em 7 kW. A produção de calor é efectuada por uma caldeira de biomassa a pellets de madeira e por painéis solares térmicos.

Os painéis solares térmicos asseguram entre 40% e 50% das necessidades de calor para AQS.

A temperatura inicial da água para o aquecimento vai depender da temperatura exterior, mas será sempre inferior a 30°C. O aquecimento dos locais será feito através do piso radiante.

As águas quentes sanitárias são distribuídas a 50°C.

Sistemas de Ventilação

Cada moradia é alimentada por um monobloco de ventilação de duplo-fluxo a corrente contínua, com um rendimento de 80%. O ar é transportado através de tubagens embutidas no piso e de bocas de insuflação instaladas ao nível do solo. A extracção do ar contaminado é feita nas salas de banho e cozinhas.

Tabela 14 - Tabelas de resultados da produção de calor obtida a partir do *formulaire de justificatif Minergie (excel)*¹.

Produção de calor: (aquecimento + AQS)	h ou COP	Ponderação ² Minergie®	Taxa de cobertura		Necessidades de energia final ponderada		Calor produzido kWh/m ²
			Aquecimento	AQS	Electricidade kWh/m ²	Outra kWh/m ²	
Aquecimento a biomassa (pellets)	0.85	0.7	100.0%	60.0%		32.1	39.0
Solar térmico, AQS				40.0%			5.6
Necessidades de electricidade para a ventilação		2			5.3		
Necessidades de electricidade para a climatização							
Total:			100%	100%	5.3	32.1	44.6

	Exigências	Valor calculado	Respeita?
Exigências primárias relativamente à envolvente térmica	42.7 kWh/m ²	39.6 kWh/m ²	Sim
Valor limite Minergie	38,0 kWh/m ²	37.5 kWh/m ²	Sim
Conforto térmico no Verão	0 kWh/m ²	0 kWh/m ²	Sim

¹ http://www.minergie.ch/minergie_fr.html

² Factor de ponderação de energia útil em energia primária estabelecido pela Minergie.

4. Comparação das necessidades de aquecimento de pequenos edifícios de habitação na Suíça e em Portugal

No seguimento da participação em projectos suíços, no âmbito da eficiência energética nos edifícios, e do estudo sobre a Lei Suíça, esta segunda parte da tese, refere-se à elaboração de uma comparação térmica nas necessidades de aquecimento dos edifícios entre Portugal e a Suíça. Esta comparação é feita através de um factor comum e comparável - o coeficiente de transmissão térmica (valor U) visto este ser importante para as necessidades de aquecimento ao traduzir o nível de isolamento dos edifícios. O caso de estudo é uma moradia idêntica situada nas cidades de Lisboa e Genebra. Na metodologia utilizada, foram tidas em conta as condições meteorológicas de ambas as cidades e os diferentes métodos de cálculo das necessidades térmicas dos edifícios de ambos os países, contextualizados pelas respectivas normas e regulamentos.

4.1 Portugal – Contexto legal

RCCTE - Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios

A versão de 4 de Abril de 2006 do RCCTE vem estabelecer requisitos de qualidade térmica nos edifícios de habitação e nos edifícios de serviços sem sistemas de climatização centralizados, considerando condições climáticas padrão com a finalidade de facilitar o cálculo dos consumos energéticos nominais dos mesmos. Estas condições padrão são determinadas através de dados provenientes das estações meteorológicas.

O cálculo das necessidades energéticas dos edifícios deve ser resultado de uma satisfação de condições de conforto em paralelo com um recurso racional da energia, promovendo assim a eficiência energética nos edifícios ao nível do aquecimento ou arrefecimento, qualidade do ar através da ventilação e necessidades de água quente sanitária.

O SCE¹ enquadra e fomenta a formação dos técnicos da especialidade tendo em vista a garantia de qualidade na aplicação dos regulamentos.

No RCCTE é feita uma divisão do país em três zonas climáticas na estação de aquecimento e de arrefecimento, consoante os diferentes concelhos do país. Em cada concelho, o RCCTE indica também, o respectivo número de graus-dias² (GD), a duração da estação de aquecimento³, a temperatura externa de projecto de Verão e a amplitude térmica. As zonas climáticas, bem como os valores tabelados, para além de variarem com o concelho, também variam com a altitude, estando previstas no RCCTE correcções a estes parâmetros.

Este regulamento aplica-se a:

- Edifícios de habitação e a edifícios de serviços novos sem sistemas de climatização centralizados;
- Grandes intervenções de remodelação⁴, tanto na envolvente como nas instalações de preparação de águas quentes sanitárias nos edifícios referidos no ponto anterior.

Neste regulamento a análise do comportamento térmico dos edifícios faz-se através de índices e parâmetros, onde os índices se traduzem nos valores das necessidades nominais e são calculados com base nas condições de referência, já mencionadas, estabelecidas no RCCTE. Estes índices são condicionados por limites que devem obrigatoriamente ser respeitados.

¹ Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios.

² Somatório da diferença positiva entre a temperatura de base e a temperatura do ar exterior durante a estação de aquecimento. Estes valores são apresentados por concelho do anexo III do presente regulamento.

³ A duração da estação de aquecimento consiste no período de tempo com início após o dia 1 de Outubro, nos primeiros 10 dias cuja temperatura média diária é inferior a 15°, e fim antes do dia 31 de Maio, nos últimos 10 dias cuja temperatura média diária é inferior a 15°.

⁴ Custo superior a 25% do valor do edifício, nas condições definidas no RCCTE.

Limites das necessidades nominais:

- Energia útil para aquecimento (N_i)
O seu valor limite depende do factor de forma (FF)¹ e dos GD.
- Energia útil para arrefecimento (N_v)
O seu valor limite é definido no artigo 15, dependendo, em Portugal continental, da zona climáticas da estação de arrefecimento estabelecidas pelo RCCTE, bem como da localização na região norte ou sul de Portugal continental².
- Energia para produção de águas quentes sanitárias (N_a).

Limite máximo de energia primária (N_t):

Este valor é calculado com base nos valores de N_i , N_v e de N_a , como definido no artigo 15 do RCCTE.

Parâmetros:

- Coeficientes de transmissão térmica dos elementos da envolvente;
- Classe de inércia térmica³;
- Factor solar dos vãos envidraçados;
- Taxa de renovação de ar.

O RCCTE obriga ao recurso de sistemas solares térmicos para aquecimento de águas sanitárias, no caso de este ser viável a nível de recurso no local, em 1 m² de colector por ocupante, desde que este não exceda 50% da superfície de cobertura total disponível. O RCCTE possibilita a não implementação dos sistemas solares térmicos no caso de ser utilizada uma solução com recurso a uma fonte renovável, que capte numa base anual, energia equivalente à captada pelos colectores solares, podendo esta não ser utilizada para aquecimento de águas por razões de eficiência ou conveniência.

- As condições interiores de referência para os edifícios abrangidos pelo RCCTE encontram-se expressas na tabela seguinte.

Tabela 15- Condições interiores de referência

Categorias	Unidades	Condições
Temperatura do ar na estação de aquecimento	°C	20
Temperatura do ar na estação de arrefecimento	°C	25
Humidade relativa na estação de arrefecimento	%	50
Taxa de renovação do ar	Renovações/h	0.6
Consumo de água quente sanitária	L/pessoa/dia	40
Temperatura de água quente sanitária	°C	60

¹ É calculado segundo o especificado no RCCTE no anexo II.

² Nas ilhas aplica-se sempre V1.

³ A inércia térmica de um edifício define-se pela sua capacidade em armazenar calor através da massa superficial útil dos elementos que o compõem (RCCTE, capítulo 2 do anexo VII).

As **necessidades térmicas de aquecimento e de arrefecimento** são a energia útil necessária para manter a temperatura interior de referência, estabelecida por este decreto-Lei, no interior do edifício ou fracção autónoma, na estação de aquecimento e de arrefecimento, respectivamente.

4.1.1 Necessidades térmicas de aquecimento (N_{ic})

O método de cálculo previsto pelo RCCTE consiste na soma algébrica das perdas de calor por transmissão da envolvente, com as perdas de calor resultantes da renovação de ar e dos ganhos úteis internos (iluminação artificial, equipamentos, ocupantes e ganhos solares), em regime permanente. Devendo estes valores serem inferiores aos limites definidos pelos índices mencionados anteriormente.

O valor obtido neste cálculo não é necessariamente o valor real do consumo de energia de um edifício pelos sistemas de climatização, mas um valor de referência, tendo em conta as considerações efectuadas, a fim de facilitar a comparação entre edifícios do ponto de vista de comportamento térmico.

Perdas

- Por transmissão da envolvente (Q_t):

Nas perdas de cálculo por transmissão da envolvente são consideradas:

- Perdas pela envolvente em contacto com o exterior (Q_{ext});
- Perdas pela envolvente em contacto com zonas não aquecidas (Q_{lna});
- Perdas pela envolvente em contacto com o solo (Q_{pe});
- Perdas pelas pontes térmicas (Q_{pt}).

Estas perdas dependem do coeficiente de transmissão térmica (U), que varia com a resistência térmica (R), de cada camada de material que compõe a barreira física em questão, com as resistências térmicas superficiais da mesma (indicados no quadro VII.1 do RCCTE) e com a resistência térmica de uma camada de ar quando essa existe.

Estão definidos, no presente decreto de lei, os limites máximos admissíveis dos coeficientes de transmissão térmica superficiais de elementos opacos (Fig. 32). Estes limites minimizam o risco de condensações nessas superfícies.

Elemento da envolvente	(U-W/m ² °C)		
	Zona climática (*)		
	I ₁	I ₂	I ₃
Elementos exteriores em zona corrente (**):			
Zonas opacas verticais	1,8	1,60	1,45
Zonas opacas horizontais	1,25	1	0,90
Elementos interiores em zona corrente (***):			
Zonas opacas verticais	2	2	1,90
Zonas opacas horizontais	1,65	1,30	1,20

(*) V. anexo III.

(**) Incluindo elementos interiores em situações em que $\tau > 0,7$.

(***) Para outros edifícios e zonas anexas não úteis.

Fig. 32 - Limites máximos admissíveis dos coeficientes de transmissão térmica superficiais do RCCTE.

O decreto-Lei estabelece também os coeficientes de transmissão térmica de referência (Fig. 33). Em edifícios residenciais unifamiliares com área útil inferior ou igual a 50 m², estes podem ser utilizados

assegurando o cumprimento dos limites das necessidades térmicas de aquecimento e arrefecimento, imposto pelo RCCTE, evitando assim a verificação detalhada do mesmo.

Elemento da envolvente	(U-W/m ² ·C)			
	Zona climática (*)			
	I ₁	I ₂	I ₃	RA (**)
Elementos exteriores em zona corrente:				
Zonas opacas verticais	0,70	0,60	0,50	1,40
Zonas opacas horizontais	0,50	0,45	0,40	0,80
Elementos interiores em zona corrente (***):				
Zonas opacas verticais	1,40	1,20	1	2
Zonas opacas horizontais	1	0,90	0,80	1,25
Envidraçados (***)	4,30	3,30	3,30	4,30

(*) V. anexo m
 (**) Regiões Autónomas da Madeira e dos Açores, apenas para edifícios na zona I.
 (***) Para outras zonas anexas não úteis.
 (****) Valor médio dia-noite (inclui efeito do dispositivo de protecção nocturna)
 para vãos envidraçados verticais, os vãos envidraçados horizontais consideram-se sempre como se instalados em locais sem ocupação nocturna.

Fig. 33 - Coeficientes de transmissão térmica de referência. RCCTE.

- Resultantes da renovação de ar (Q_v)

Estas perdas resultam da necessidade de renovar o ar interior e são calculadas em função da estanqueidade da envolvente, volume do edifício e da existência de equipamentos que garantam a recuperação parcial de calor.

Ganhos

- Úteis internos (Q_{gu})

Os ganhos internos úteis traduzem-se no produto entre os ganhos internos brutos e o factor de utilização dos ganhos térmicos (η) calculado em função da inércia térmica do edifício.

- Brutos resultantes de fontes internas (Q_i)

Os ganhos úteis brutos resultantes de fontes internas provêm do calor libertado pelos equipamentos, iluminação artificial e pelo metabolismo interno dos ocupantes.

- Solares (Q_s)

Os ganhos úteis solares são ganhos radiativos recebidos através dos vãos envidraçados. Estes variam com a orientação da superfície envidraçada, a área da mesma, duração da estação de aquecimento, factor de obstrução¹, factor solar², factor de correcção de selectividade angular³.

4.1.2 Necessidades térmicas de arrefecimento (N_{vc})

Assim como nas necessidades de aquecimento, o método de cálculo das necessidades térmicas de arrefecimento é feito, no RCCTE, de uma forma simplificada. Mas o facto é que a realidade dinâmica dos fenómenos térmicos, ocorrentes da estação de arrefecimento, requereria uma simulação dinâmica detalhada dos mesmos devido à complexidade e irregularidade destes fenómenos.

Esta metodologia é complementar à utilizada nas necessidades térmicas de aquecimento, pois para N_{ic} os ganhos úteis são os que provocam o aquecimento da habitação e no cálculo das necessidades térmicas de arrefecimento, esses ganhos correspondem aos ganhos não-úteis na estação de arrefecimento.

¹ Diferentes sombras produzidas por obstruções na envolvente exterior sobre vão envidraçado.

² Relação entre a energia solar transmitida para o interior e a radiação solar incidente.

³ Redução dos ganhos solares devido às propriedades do vidro com o ângulo de incidência solar directa.

4.1.3 Necessidades de energia para preparação de águas quentes sanitárias (N_{ac})

As necessidades de energia para preparação de águas quentes sanitárias são calculadas com base na energia utilizada em sistemas convencionais para esta função, na eficiência de conversão das mesmas e na energia útil fornecida por sistemas de colectores solares e/ou de quaisquer outras formas de energias renováveis. No dimensionamento energético destes sistemas convencionais deverá ter-se em conta a diferença de temperatura de aquecimento da água, ou seja a diferença de temperatura que chega ao edifício proveniente da rede e a temperatura necessária para utilização, e o número de ocupantes.

4.2 Comparação climática

A comparação meteorológica no presente estudo é essencial para a compreensão das condições térmicas que afectam os edifícios em ambas as cidades em questão, Lisboa e Genebra. Esta é feita através da análise das principais variáveis climáticas que afectam a temperatura no interior dos edifícios.

As variáveis climáticas que mais influenciam os fenómenos de transferência de calor que ocorrem nos edifícios, são a temperatura do ar exterior e a radiação solar.

A diferença entre a temperatura do ar interior e exterior traduz-se num fluxo energético que flui na direcção do local onde a temperatura é inferior, por exemplo, no caso da estação de aquecimento, o ar exterior encontra-se a uma temperatura inferior ao interior pelo que se verificam perdas de calor por transmissão através da envolvente do edifício. Em alguns períodos do dia na estação de arrefecimento a situação é contrária, pois o calor é transmitido para o interior do edifício originando assim ganhos térmicos não úteis.

A radiação solar altera substancialmente a temperatura interior dos edifícios, devido aos ganhos radiativos através dos vãos envidraçados e das superfícies opacas que constituem a envolvente exterior. No inverno a radiação solar tem um papel importante no aquecimento dos edifícios, no entanto, no verão esse ganho deve ser controlado de forma a não causar sobreaquecimento do ar interior.

O vento é também um parâmetro climático a tomar em consideração no desempenho térmico do edifício pois influencia o nível de infiltrações do ar nos edifícios, o que dependerá da estanquidade ao ar da envolvente. No inverno o objectivo será minimizar as infiltrações, tendo em atenção a renovação de ar necessária para assegurar a qualidade do ar interior. Pelo contrário, no verão dever-se-á promover a ventilação nos períodos em que a temperatura do ar exterior seja favorável.

Esta comparação foi feita com base nos dados fornecidos pelo Meteonorm para ambas as cidades.

Na Fig. 34 é possível constatar a diferença significativa entre as temperaturas médias diárias do ar exterior em ambas as cidades ao longo de um ano através das curvas de tendência. Em Lisboa, os valores tendenciais são sempre superiores aos de Genebra, com maior incidência durante a estação de aquecimento.

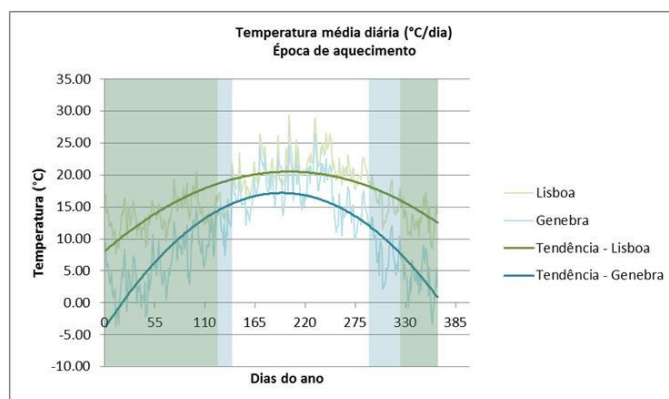


Fig. 34 - Temperaturas médias diárias das cidades de Lisboa e Genebra e respectivas épocas de aquecimento.

A intensidade solar na estação de aquecimento e de arrefecimento é superior em Lisboa em todas as orientações incluindo o plano horizontal (Fig. 35 e Fig. 36).

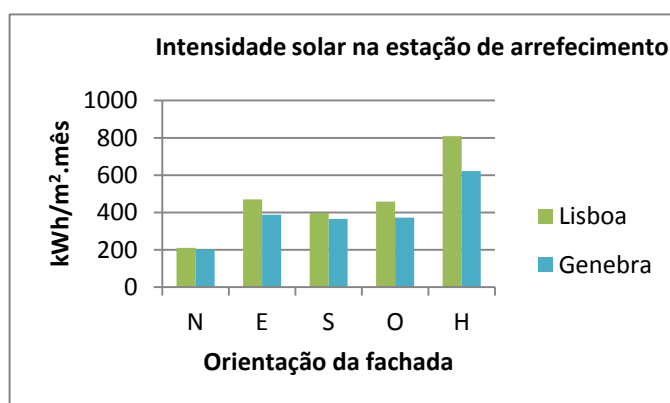


Fig. 35 - Intensidade solar média mensal na estação de arrefecimento das cidades de Lisboa e Genebra.

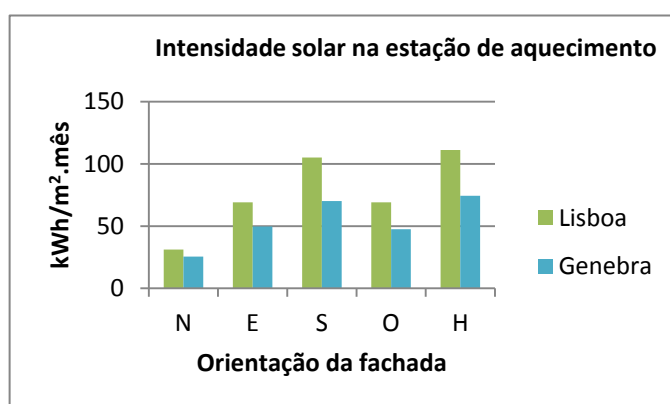


Fig. 36 - Intensidade média mensal solar na estação de aquecimento das cidades de Lisboa e Genebra.

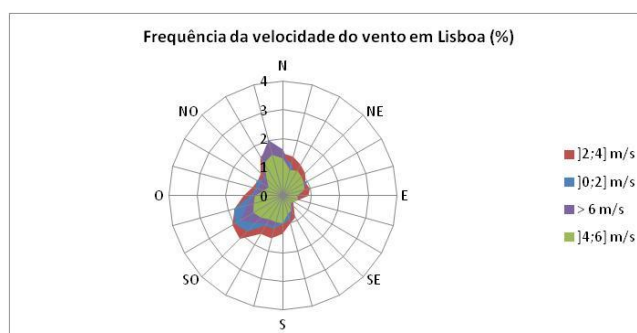


Fig. 37 – Frequência da velocidade do vento por intervalos em Lisboa (%).

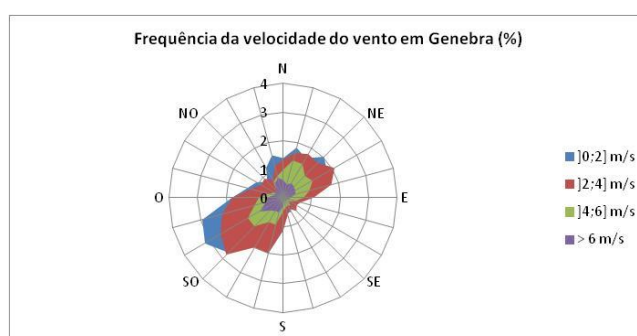


Fig. 38 – Frequência da velocidade do vento por intervalos em Genebra (%).

Como é possível verificar nas Fig. 37 e 38, a intensidade média anual do vento é superior em Lisboa relativamente a Genebra, em todas as orientações.

Nas Fig. 37 e 38 é possível observar a frequência da velocidade do vento para cada cidade. Em Genebra a maior frequência de vento encontra-se nas orientações noroeste e sudoeste e a maior frequência de velocidade do vento situa-se no intervalo entre os 0 e os 4 m/s. É possível verificar que o vento em Lisboa, relativamente a Genebra, atinge velocidades mais elevadas (> 6 m/s) com maior frequência. Em Lisboa a maior frequência de vento verifica-se nas orientações norte e sudoeste e a frequência de velocidade de vento é relativamente semelhante em todos os intervalos apresentados.

Desta análise é expectável que as necessidades de aquecimento nos edifícios em Genebra sejam superiores aos localizados em Lisboa, devido à diferença significativa da temperatura do ar exterior e à intensidade de radiação solar. O facto da frequência de velocidade do vento elevada ser superior em Lisboa terá certamente alguma influência no valor das necessidades de aquecimento, embora que com menor relevância face às restantes variáveis climáticas.

Tabela 16 - Sumário das características meteorológicas das duas cidades.

	Temperatura média do ar exterior na estação de aquecimento (°C)	Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento (°C)	Graus-dias de aquecimento na base 20°C (°C.d)	Número anual de horas de sol (h) ¹	Radiação solar anual na horizontal (kWh/m ² .ano)
Lisboa	13,5	21,67	1032	2725	1699
Genebra	6,4	18,09	2958	1953	1217

Os graus-dias de aquecimento (de base 20°C) de um determinado local permitem verificar a rigorosidade de um clima e estimar as necessidades térmicas de um edifício durante a estação de aquecimento. Estes consistem na diferença entre a base de 20° e a temperatura do ar exterior calculadas, no RCCTE, com base nos valores horários da temperatura do ar. Como é possível ver na Tabela 16, os graus-dias em Genebra são superiores aos de Lisboa. Com base nesta comparação meteorológica pode-se, pois, concluir que um edifício em Genebra necessita de um maior nível de controlo na satisfação do conforto térmico no interior dos edifícios.

4.3 Caso de estudo

Este estudo tem por objectivo comparar as necessidades de energia dos edifícios de habitação unifamiliar entre Portugal e a Suíça, de acordo com as respectivas normas e legislações.

Para a elaboração da análise comparativa entre Portugal e a Suíça, foram escolhidas as cidades de Lisboa e de Genebra, respectivamente, e as suas condições meteorológicas. As características climáticas obtidas para este estudo provêm de dados obtidos no Meteonorm.

O caso de estudo é uma moradia analisada na empresa Amstein+Walthert SA, moradia A do projecto Moradias de Habitação Pregny-Chambésy, apresentado no ponto 3.2.2.

4.4 Metodologia

Neste estudo comparativo a quantificação das necessidades de energia para aquecimento da habitação é feita através de dois modelos de cálculo: o primeiro, seguindo o RCCTE e o segundo, segundo a norma SIA 380/1 e Minergie®.

A metodologia do cálculo das necessidades térmicas do RCCTE é descrita no ponto 4.1. Para a aplicação deste método foi utilizada uma folha de Excel que se encontra conforme as tabelas propostas no Decreto-Lei. A metodologia segundo a norma SIA 380/1 e Minergie® está descrita no anexo 1 e 2,

¹ Número de horas de sol cuja radiação é superior a 250 W/m² num ano. Meteonorm.

respectivamente. Como auxílio para a aplicação deste método foi utilizado o programa Lesosai 7.1, um dos programas autorizados e aprovados pela lei de Genebra para o cálculo das necessidades térmicas.

Cada um dos dois métodos é aplicado segundo as condições específicas de cada cidade (meteorologia, vento, altitude, etc.).

A habitação unifamiliar é a mesma, embora localizada nas duas cidades, ou seja, as plantas e alçados, materiais, dimensões dos elementos da envolvente térmica e classe de exposição considerados são análogos.

Como já foi referido anteriormente, a comparação entre ambas as cidades irá incidir nos coeficientes de transmissão térmica dos elementos da envolvente. Cada método é utilizado para o cálculo das necessidades de energia para aquecimento de cada cidade, e em cada cidade são considerados seis casos diferentes consoante os valores de U da envolvente, pelo que resultam um total de vinte e quatro situações distintas conforme se explicita na Fig. 39.

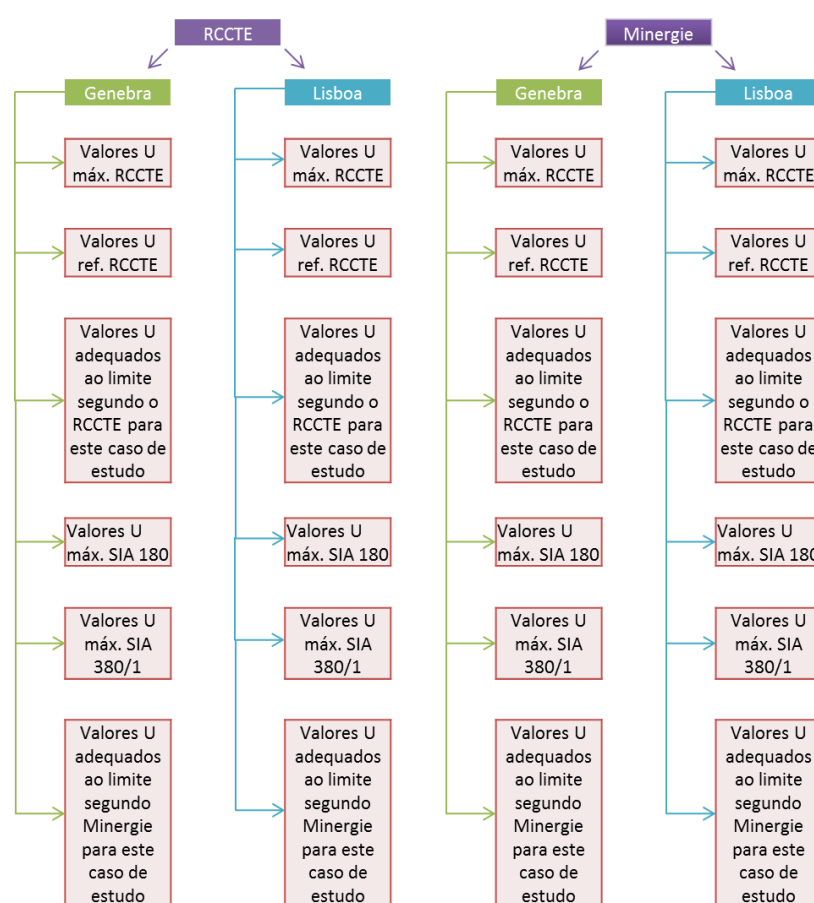


Fig. 39 - Esquema de todos os casos estudados.

Os valores U considerados para cada cidade são os seguintes:

- Segundo a legislação portuguesa – RCCTE:

- Valores U máximos, $U_{máx,p}$, (RCCTE, quadro IX. 1 [18]): São os coeficientes de transmissão térmica máximos admissíveis para elementos opacos que previnem a formação de condensação superficial na envolvente térmica.
- Valores U de referência, $U_{ref,p}$, (RCCTE, quadro IX. 3 [18]): Os coeficientes de transmissão térmica de referência estiveram na base do estabelecimento dos valores máximos admissíveis,

N_i e N_v e dispensam a verificação detalhada do RCCTE em habitações unifamiliares com área útil superior a 50 m².

- Valores U adequados ao limite segundo o RCCTE para este caso de estudo, $U_{lim,p}$: Estes coeficientes de transmissão térmica são calculados segundo a metodologia portuguesa, descrita no RCCTE, e consistem nos valores máximos possíveis para U, de forma a garantir que as necessidades térmicas de aquecimento e arrefecimento sejam inferiores aos limites previstos segundo o RCCTE (N_c e N_i). No cálculo das necessidades térmicas segundo a metodologia suíça, os $U_{lim,p}$ utilizados na envolvente térmica e vãos envidraçados, são também encontrados segundo a metodologia portuguesa.

- Segundo a legislação de Genebra e respectivo regulamento – L 2 30 e L 2 30.01:

- Valores U máximos, $U_{máx,G}$, (SIA 180, tabela 8 [29]): São os coeficientes de transmissão térmica máximos admissíveis para os elementos da envolvente térmica que asseguram as condições de conforto e a ausência de condensação superficial.
- Valores U de referência, $U_{ref,G}$, (SIA 380/1, tabela 2 [30]): Os coeficientes térmicos de transmissão térmica de referência são os valores pontuais de conforto térmico para os edifícios a construir.
- Valores U adequados ao limite segundo Minergie® para este caso de estudo, $U_{lim,G}$: Estes coeficientes de transmissão térmica são calculados segundo a metodologia suíça, descrita na norma SIA 380/1 e consistem nos valores máximos para U de forma a garantir que as necessidades térmicas de aquecimento e arrefecimento sejam inferiores aos limites previstos nas exigências Minergie® ($Q_{h,li}$). No cálculo das necessidades térmicas segundo a metodologia portuguesa, os $U_{lim,G}$ utilizados na envolvente térmica e vãos envidraçados, são calculados aplicando a metodologia de Genebra.

4.5 Considerações

4.5.1 Climáticas

Os dados meteorológicos utilizados em ambos os métodos de cálculo foram obtidos através do programa Meteonorm.

As considerações meteorológicas no cálculo das necessidades térmicas segundo o RCCTE para ambas as cidades são as seguintes:

- Intensidade média mensal da radiação solar incidente numa superfície orientada a sul na estação de aquecimento.
- Duração da estação de aquecimento calculada segundo o RCCTE, onde segundo este, esta começa nos primeiros 10 dias seguidos, após o dia 1 de Outubro, cuja temperatura é inferior a 15°C e termina nos últimos 10 dias seguidos, antes do dia 31 de Maio, cuja temperatura é ainda inferior a 15°C.
- Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento¹.
- Intensidade da radiação solar incidente numa superfície vertical por orientação da fachada e numa superfície horizontal, na estação de arrefecimento.

Considerações meteorológicas no cálculo das necessidades térmicas segundo a lei e normas de Genebra para ambas as cidades:

- Altitude e latitude.
- Temperatura mínima absoluta do ar exterior.

¹ A estação de arrefecimento, segundo o RCCTE, perdura durante os meses de Junho, Julho, Agosto e Setembro.

- Temperatura média mensal do ar exterior.
- Intensidade da radiação solar mensal incidente numa superfície vertical por orientação da fachada e numa superfície horizontal.

4.5.2 Vãos envidraçados

Considerações utilizadas nas características dos vãos envidraçados no cálculo das necessidades de energia para aquecimento segundo o RCCTE para ambas as cidades:

- Os coeficientes de transmissão térmica médios dia-noite dos vãos envidraçados U_{wdn} , que incluem dispositivos de oclusão nocturna, necessários no cálculo das necessidades energia para aquecimento, foram obtidos no catálogo de *Coefficients de transmission térmica de elementos da envolvente dos edifícios* do Lneg (Fig. 40).

Tipo de vão envidraçado	Número de vidros	Tipo de janela	Esp. da lâmina de ar [mm]	$U_w^{(1)}$ [W/(m ² ·°C)]	$U_{\text{wdn}}^{(2)}$ [W/(m ² ·°C)]		
					Dispositivo de oclusão nocturna		
					Cortina interior opaca	Outros dispositivos	
						Com permeabilidade ao ar elevada	Com permeabilidade ao ar baixa
Simples (1 janela)	1 (vidro simples)	fixa	—	6,0	4,9	4,5	3,8
		giratória	—	6,2	5,0	4,6	3,9
		de correr	—	6,5	5,2	4,8	4,1
	2 (vidro duplo)	fixa	6	3,9	3,4	3,2	2,8
			16	3,5	3,1	2,9	2,6
			16 low e ⁽³⁾	3,1	2,8	2,6	2,3
		giratória	6	4,3	3,7	3,4	3,0
			16	3,8	3,3	3,1	2,7
			16 low e ⁽³⁾	3,6	3,2	3,0	2,6
		de correr	6	4,5	3,9	3,6	3,1
			16	4,0	3,5	3,3	2,9
Duplo ⁽⁴⁾ (2 janelas)	1 (vidro simples em cada janela)	fixa, giratória ou de correr	50 a 100 mm (distância entre janelas)	3,1	2,8	2,6	2,3

Fig. 40 - Coeficientes de transmissão térmica dos vãos envidraçados verticais com caixilharia metálica U (W/m²·°C)

Os coeficientes $U_{\text{lim,G}}$ dos vidros dos vãos envidraçados calculados segundo a metodologia de Genebra (U_w), quando diferentes dos disponíveis na tabela, tiveram de ser calculados. Devido à impossibilidade do acesso às normas europeias, onde é referida a metodologia do cálculo dos coeficientes U_{wdn} , o cálculo destes foi efectuado segundo a curva polinomial dos gráficos da Fig. 41 e Fig. 42. Estes gráficos são a relação entre os coeficientes U_{wdn} e U_w presentes na tabela da Fig. 40.

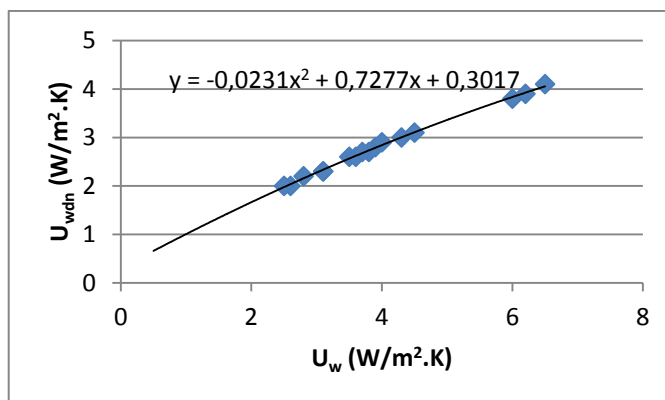


Fig. 41 - Gráfico da relação entre os coeficientes U_{wdn} (para dispositivos de oclusão nocturna com permeabilidade ao ar elevada) e U_w obtidos no catálogo dos *Coefficients de transmission thermique de elements da envolvente dos edificios*, Lneg.

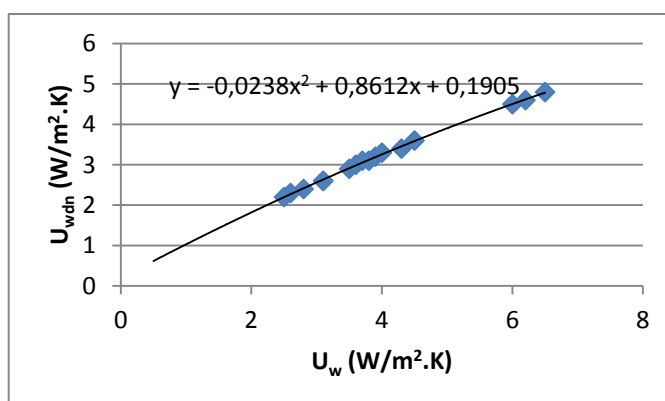


Fig. 42 - Gráfico da relação entre os coeficientes U_{wdn} (para dispositivos de oclusão nocturna com permeabilidade ao ar baixa) e U_w obtidos no catálogo dos *Coefficients de transmission thermique de elements da envolvente dos edificios*, Lneg.

- Os factores solares dos vidros foram retirados do catálogo de vidros existente no programa Lesosai 7.1 (dados provenientes de fabricantes).

Considerações utilizadas nas características dos vãos envidraçados no cálculo das necessidades de energia para aquecimento segundo a metodologia de Genebra para ambas as cidades:

- Utilização do catálogo de vidros existente no programa Lesosai 7.1, para a escolha dos vidros com coeficiente de transmissão térmica correspondente ao caso de estudo.
- Os factores solares dos vidros foram retirados do catálogo de vidros existente no programa Lesosai 7.1.
- Coeficiente de transmissão térmica da caixilharia considerado de 6 W/m^2K para vidros simples e de 1,6 W/m^2K para os restantes.
- Caixilharia metálica com corte térmico.

4.5.3 Ventilação

Considerações utilizadas nas características da ventilação no cálculo das necessidades de energia para aquecimento, segundo o RCCTE e segundo a metodologia de Genebra para ambas as cidades:

- Ventilação mecânica:

- Caudais de insuflação e extracção iguais a 180 m^3/h .
- Recuperador de calor, eficiência $\eta = 80\%$.

- Potência eléctrica dos ventiladores de 74 W, calculada através do *formulaire de justificatif Minergie (excel)*.

4.5.4 Dimensões e materiais

As orientações das fachadas em ambas as cidades são comuns ao caso real, assim como as dimensões, as plantas e as vistas do projecto (Anexo 5).

A nível de materiais foi considerado apenas o material de base – o betão armado, com 18 cm de espessura. Relativamente aos materiais isolantes não foi necessário especificar, devido à possibilidade de definir os coeficientes de transmissão térmica de cada caso.

4.5.5 Necessidades de arrefecimento

Relativamente à metodologia portuguesa, no cálculo dos coeficientes $U_{lim,p}$ foram sempre respeitados os valores limite das necessidades de arrefecimento (N_v). Estes valores limite foram determinados segundo o documento *Assessment of the Portuguese building thermal code: Newly revised requirements for cooling energy needs used to prevent the overheating of buildings in the summer* (Oliveira Panão et al, 2011) [20]. Este documento recomenda uma reavaliação dos valores de N_v indicados na metodologia portuguesa segundo a norma europeia EN ISO 13790 e apresenta um método de cálculo que estabelece limites mais exigentes.

4.6 Discussão de resultados

4.6.1 Modelos de cálculo

Depois de efectuados os 24 diferentes casos estudados, é possível observar nas Fig. 43 e Fig. 44 a comparação entre os diferentes modelos de cálculo – o modelo segundo o RCCTE e o modelo segundo a legislação de Genebra. É possível verificar que ambos são semelhantes ao nível das variações mas relativamente à inclinação das respectivas linhas de tendência existe alguma diferença.

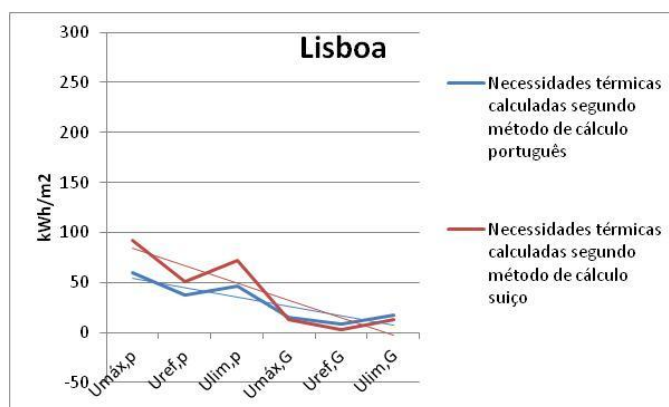


Fig. 43 - Gráfico da comparação das necessidades de energia de aquecimento de ambos os modelos de cálculo, através dos diferentes coeficientes de transmissão térmica estudados para a cidade de Lisboa e respectivas linhas de tendência.

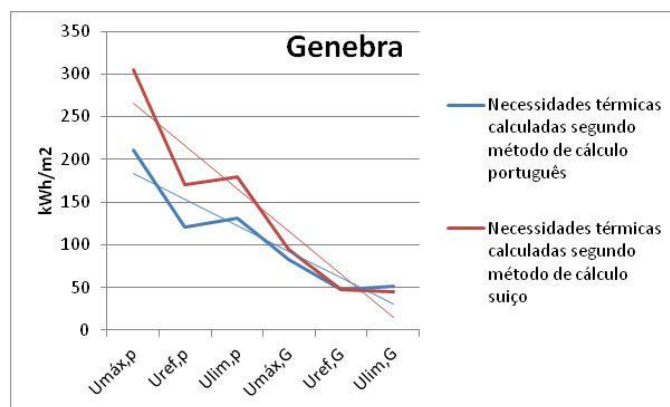


Fig. 44 - Gráfico da comparação das necessidades de energia de aquecimento de ambos os modelos de cálculo, através dos diferentes coeficientes de transmissão térmica estudados para a cidade de Genebra e respectivas linhas de tendência.

Para além da análise anterior, avaliaram-se os ganhos e perdas térmicas para cada um dos casos, de forma a explorar as diferenças encontradas. Apresentam-se, de seguida, a título de exemplo, duas parcelas em que foram encontradas diferenças significativas, ou sejam, as perdas por transmissão nas paredes e pavimentos em contacto com o terreno (Fig. 45e Fig.46) e perdas por transmissão nos vãos envidraçados (Fig. 49 e Fig. 50). As restantes comparações são remetidas para o anexo 6.

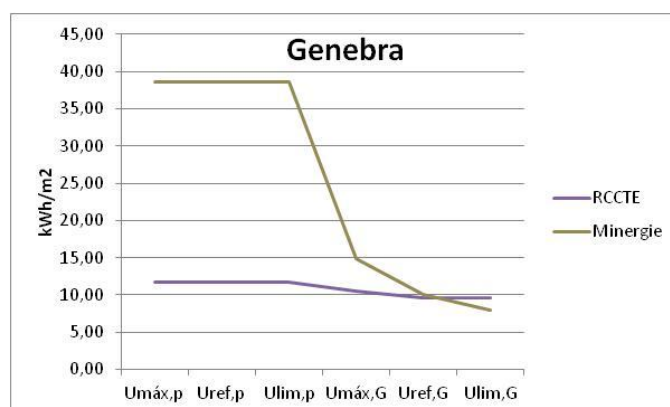


Fig. 45 - Comparação das perdas térmicas por transmissão em contacto com o terreno entre o modelo de cálculo português e o modelo de cálculo de Genebra para cada caso de valores U estudado, na cidade de Genebra.

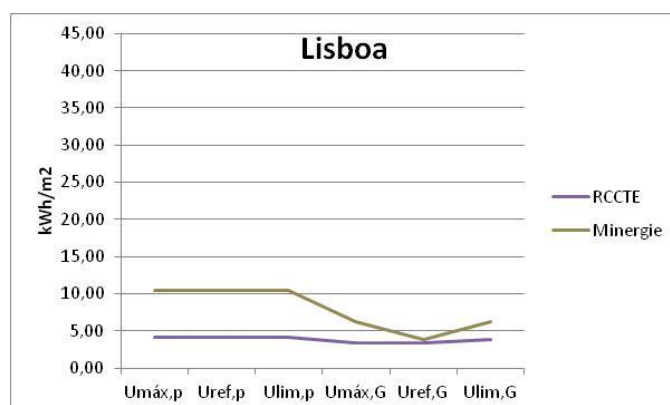


Fig. 46 - Comparação das perdas térmicas por transmissão em contacto com o terreno entre o modelo de cálculo português e o modelo de cálculo de Genebra para cada caso de valores U estudado, na cidade de Lisboa.

No que se refere a superfícies em contacto com o terreno, o RCCTE apresenta duas tabelas com coeficientes de transmissão térmica lineares que dependem da profundidade destas superfícies

relativamente ao nível do solo. Uma destas tabelas refere-se a pavimentos (Fig. 47) e a outra refere-se a paredes (Fig. 48). Nesta segunda tabela, os coeficientes de transmissão térmica linear também dependem dos valores U da parede (definidos em seis intervalos que vão desde 0,4 a 2 $W/m^2.K$). Relativamente à tabela referente aos pavimentos em contacto com o terreno, os coeficientes de transmissão térmica linear são definidos apenas para pavimentos sem isolante térmico.

As perdas térmicas por transmissão através das superfícies em contacto com o terreno são calculadas através do produto entre os coeficientes de transmissão térmica linear e o perímetro, medido em planta do contorno exterior da parede ou pavimento em contacto com o solo.

Z (m)	Ψ ($W/m.K$)
Menor que - 6	0
De - 6 a - 1,25	0,50
De - 1,20 a 0	1,50
De 0,05 a 1,50	2,50

Fig. 47 – Valores de ψ de pavimentos em contacto com o terreno, sem isolante térmico. RCCTE.

Z (m)	Ψ ($W/m.K$) Coeficiente de transmissão térmica da parede U ($W/m^2.K$)					
	De 0,40 a 0,64	De 0,64 a 0,99	De 1 a 1,19	De 1,20 a 1,49	De 1,50 a 1,79	De 1,80 a 2
Menor que - 6	1,55	1,90	2,25	2,45	2,65	2,75
De - 6 a - 3,05	1,35	1,65	1,90	2,05	2,25	2,50
De - 3 a - 1,05	0,80	1,10	1,30	1,45	1,65	1,75
De - 1 a 0	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80

Fig. 48 – Valores de ψ de paredes em contacto com o terreno. RCCTE.

Nos casos em que existe isolamento no pavimento em contacto com o solo existe uma tabela omissa no Decreto-Lei nº 80/2006, que apresenta valores de coeficientes de transmissão térmica lineares para intervalos de profundidade que vão desde > -6 a 1,50 m como é possível verificar na Tabela 17. Não é especificado qualquer valor referente ao coeficiente de transmissão térmica do isolamento colocado no pavimento.

Tabela 17 - Valores de ψ de pavimentos em contacto com o terreno, com isolante térmico.

Z (m)	Ψ ($W/m.K$)
< -6,00	0
-6,00 a -1,25	0,50
-1,20 a 0	1,20
0,05 a 1,50	1,80

Relativamente à metodologia de Genebra, as perdas térmicas por transmissão através do solo são tidas em conta através de factores de redução (b_{GW} em paredes e b_{GF} em pavimentos), que afectam o cálculo dos coeficientes de transmissão térmica das superfícies em contacto com o solo. Estes factores de redução dependem da profundidade da superfície relativamente ao nível do solo e do valor U da mesma. No caso da superfície ser um pavimento, este factor vai depender também da relação entre a área da superfície em contacto com o terreno e o perímetro das mesma, como é possível ver na Tabela 18. Estes factores de redução são igualmente aplicados nas pontes térmicas em contacto com o terreno.

Tabela 18 - Factores de redução das perdas por transmissão das superfícies em contacto com o terreno. Norma 380/1.

		Paredes				Pavimentos											
A_{FG}/P_{FG}^1 (m)		-	-	-	-	2				5				10			
Valor U da superfície em contacto com o terreno ($W/m^2.K$) – U_{WG0} para paredes e U_{FG0} para pavimentos		0,2	0,4	0,6	1,0	0,2	0,4	0,6	1,0	0,2	0,4	0,6	1,0	0,2	0,4	0,6	1,0
Z (m)	0,0	1,00	1,00	1,00	1,00	0,82	0,69	0,60	0,49	0,67	0,52	0,43	0,31	0,53	0,37	0,29	0,20
	0,5	0,92	0,88	0,85	0,80	0,80	0,67	0,57	0,46	0,66	0,51	0,41	0,30	0,53	0,36	0,28	0,20
	1,0	0,88	0,83	0,78	0,70	0,79	0,65	0,55	0,43	0,65	0,49	0,40	0,29	0,52	0,36	0,27	0,19
	2,0	0,82	0,73	0,66	0,56	0,76	0,61	0,51	0,39	0,63	0,47	0,37	0,27	0,50	0,34	0,26	0,18
	3,0	0,77	0,66	0,58	0,48	0,73	0,57	0,47	0,35	0,61	0,45	0,35	0,25	0,49	0,33	0,25	0,17
	5,0	0,69	0,56	0,47	0,37	0,68	0,51	0,41	0,30	0,57	0,41	0,32	0,22	0,47	0,31	0,23	0,16
	10,0	0,55	0,41	0,33	0,25	0,58	0,41	0,32	0,22	0,50	0,33	0,25	0,17	0,42	0,27	0,20	0,13

Os factores de redução b_{GW} e b_{GF} apresentados na norma 380/1 consistem na razão entre os coeficientes de transmissão térmica, que têm em conta a transmissão de calor pelo solo (U_{GW} para paredes e U_{GF} para pavimentos) e os coeficientes de transmissão térmica que não a têm em conta (U_{GW0} para paredes e U_{GF0} para pavimentos). Estes últimos são calculados segundo a norma europeia EN ISO 13370. Para os casos em Lisboa o programa Lesosai 7.1 calcula estes valores de acordo com a norma europeia directamente, sem recorrer à tabela apresentada na norma 380/1.

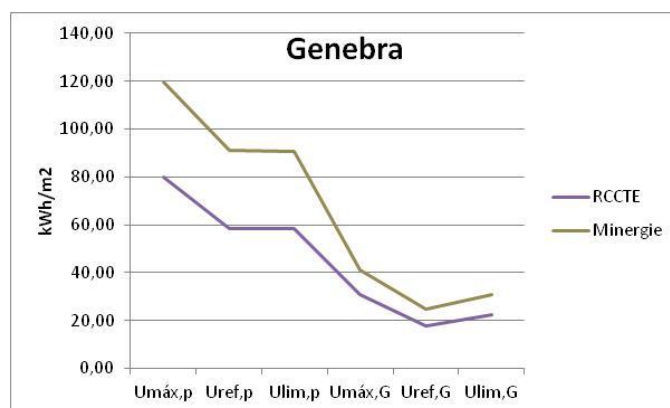


Fig. 49 - Comparação das perdas térmicas por transmissão nos vãos envidraçados entre o modelo de cálculo português e o modelo de cálculo de Genebra para cada caso de valores U estudado, na cidade de Genebra.

¹ A_{FG} é a área da superfície em contacto com o terreno; P_{FG} é o perímetro da superfície em contacto com o terreno.

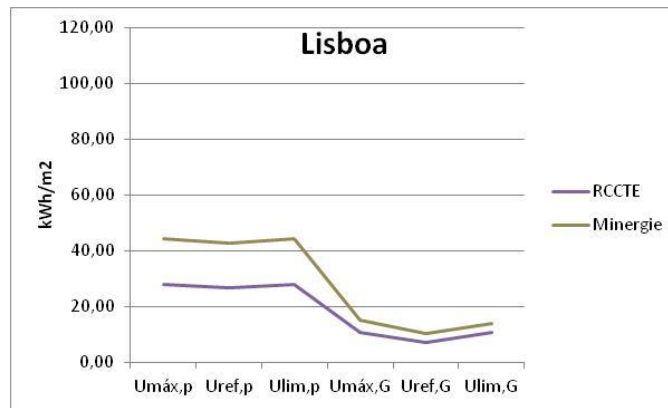


Fig. 50 - Comparação das perdas térmicas por transmissão nos vãos envidraçados entre o modelo de cálculo português e o modelo de cálculo de Genebra para cada caso de valores U estudado, na cidade de Lisboa.

Relativamente às perdas térmicas por transmissão através dos vãos envidraçados, o modelo de cálculo de Genebra segue o método de cálculo da norma europeia ISO 10077-1, onde o valor U do vão envidraçado (U_w) é calculado segundo as equações (1) e (2).

$$U_w = \frac{A_g U_g + A_f U_f + I_g \psi_g}{A_g + A_f} \quad (1)$$

$$U_g = \frac{1}{\frac{1}{U_{g1}} - R_{si} + R_s - R_{se} + \frac{1}{U_{g2}}} \quad (2)$$

U_g – É o coeficiente de transmissão térmica do(s) vidro(s);

U_f – É o coeficiente de transmissão térmica da caixilharia;

Ψ_g – É o coeficiente de transmissão térmica linear resultantes da junção do(s) vidro(s) com a caixilharia.

U_{g1} e U_{g2} – São o coeficiente de transmissão térmica dos vidros interior e exterior, respectivamente;

R_{si} – É a resistência térmica superficial interior do vidro;

R_{se} – É a resistência térmica superficial exterior do vidro;

R_s – É a resistência térmica do espaço entre o vidro interior e exterior.

No caso do modelo português, os valores U dos vãos envidraçados encontram-se tabelados na publicação do LNEC *Coefficientes de transmissão térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios*, como foi já referido no ponto 4.5.2. Na anterior Fig. 40 do ponto 4.5.2, estão apresentados os coeficientes de transmissão térmica dos vidros e os respectivos coeficientes de transmissão térmica a considerar para a totalidade do vão envidraçado especificados no catálogo. É possível verificar que para valores elevados de U dos vãos, a diferença entre esse valor e o valor U_{wdn} é superior, comparativamente a valores U inferiores para os vãos. Por exemplo, analisando os casos dos vãos envidraçados com permeabilidade ao ar elevada, para um U_w de 6,0 W/m².K o respectivo U_{wdn} é de 4,5 W/m².K (75% inferior) e para um valor U_w de 3,1 W/m².K o respectivo U_{wdn} é de 2,6 W/m².K (84% inferior).

Como é possível ver nas Fig. 49 e 50, nos casos de estudo em que foram utilizados os valores $U_{máx,p}$, $U_{ref,p}$ e $U_{lim,p}$ a diferença é superior entre o modelo português e o modelo de Genebra pois os valores U dos vidros utilizados são elevados (devido à não exigência de valor U máximo nos vãos envidraçados nos $U_{máx}$ definidos no RCCTE, ao elevado valor U definido para os vãos envidraçados pelos $U_{ref,p}$ no RCCTE e no caso do $U_{lim,p}$ devido ao facto dos limites das necessidades de energia o permitirem), e os respectivos U_{wdn} têm uma diferença superior relativamente aos restantes casos de estudo com valores U de vidro mais baixos.

4.6.2 Coeficientes de transmissão térmica U_{lim}

Os coeficientes de transmissão térmica determinados estão apresentados na Tabela 19. Estes valores foram determinados de maneira a aproximar o valor das necessidades térmicas da habitação dos limites estabelecidos em cada regulamento no modelo de cálculo respectivo. Segundo o modelo português foram determinados os coeficientes $U_{lim,p}$ para Lisboa e para Genebra e segundo o modelo de Genebra foram determinados os coeficientes $U_{lim,G}$ para as mesmas cidades.

Tabela 19 - Coeficientes de transmissão térmica $U_{lim,p}$ e $U_{lim,G}$ determinados, para as cidades de Lisboa e Genebra por elemento plano da envolvente.

	$U_{lim,p}$ (W/m ² K)		$U_{lim,G}$ (W/m ² K)	
	Lisboa	Genebra	Lisboa	Genebra
Fachadas exteriores	1.09	0.55	0.46	0.14
Paredes em contacto com local não aquecido	2.00	1.10	0.69	0.22
Paredes em contacto com solo	2.00	2.00	0.69	0.22
Cobertura exterior	0.78	0.44	0.46	0.14
Cobertura em contacto com local não aquecido	1.55	0.88	0.58	0.18
Pavimento em contacto com solo	2.00	2.00	0.69	0.22
Pavimento em contacto com local não aquecido	1.55	0.88	0.69	0.22
Vidros de vãos envidraçados	6.00	4.06	2.10	1.40
Porta exterior	3.30	3.30	1.70	1.70

4.6.3 Estudos comparativos das necessidades de aquecimento (N_{ic})

Coeficientes de transmissão térmica U_{lim}

Foi feita uma comparação das necessidades de energia para aquecimento da habitação unifamiliar estudada, em Lisboa e Genebra, através da utilização dos coeficientes de transmissão térmica U_{lim} . As necessidades de aquecimento (N_{ic}) de Lisboa foram calculadas com o valor $U_{lim,p}$ e as de Genebra com o valor $U_{lim,G}$ e para cada cidade foram utilizados os dois modelos de cálculo. Em Genebra, a análise segundo o modelo de cálculo português foi feita através da introdução dos coeficientes de transmissão térmica $U_{lim,G}$, determinados segundo a metodologia de Genebra, na folha de cálculo do RCCTE, a análise segundo o modelo de cálculo de Genebra foi efectuada através da introdução dos mesmos coeficientes no programa Lesosai 7.1.. Em Lisboa, a análise segundo ambos os modelos foi feita de maneira semelhante à do caso de Genebra, mas através da introdução dos valores $U_{lim,p}$. Os resultados de cada modelo de cálculo estão apresentados no anexo 3.

Na Fig. 51 é efectuada a média das necessidades de energia de aquecimento (N_{ic}), que resulta das duas metodologias, para cada cidade, sendo apresentados os valores normalizados pelos correspondentes graus-dias (GD). Desta forma é possível analisar as necessidades de energia para aquecimento em função da severidade do clima local.

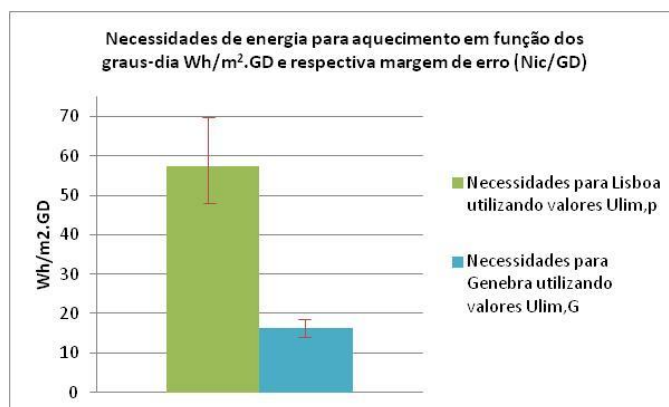


Fig. 51 - Comparação entre as necessidades de aquecimento (N_{ic}) para Lisboa através dos valores $U_{lim,p}$ em função dos respectivos graus-dias e as necessidades de aquecimento para Genebra através dos valores $U_{lim,G}$ em função dos respectivos graus-dias (GD), calculados segundo a média de ambos os modelos de cálculo.

Coeficientes de transmissão térmica U_{ref}

No RCCTE, os valores U_{ref} foram usados para determinar os valores limites das necessidades nominais de energia útil para o aquecimento (N_i) dependentes do factor forma (FF) da habitação e dos graus-dias (GD) do local, definidos no Artigo 15, cap. 1 do RCCTE.

Por esta razão, foi também realizada uma comparação das necessidades de energia para aquecimento da habitação unifamiliar estudada, em Lisboa e Genebra, através da utilização dos coeficientes de transmissão térmica U_{ref} . As necessidades de energia para aquecimento de Lisboa e Genebra foram calculadas segundo o mesmo raciocínio relativamente ao descrito anteriormente (ponto 4.6.2) através da introdução dos coeficientes $U_{ref,p}$ e $U_{ref,G}$ em Lisboa e Genebra, respectivamente. Os resultados de cada modelo de cálculo estão apresentados no anexo 3.

Na Fig. 52 está representada a razão entre a média das necessidades de energia para aquecimento (N_{ic}) de ambas as metodologias para cada cidade e os respectivos graus-dias (GD). Desta forma é possível analisar os consumos de energia para aquecimento em função da severidade do clima local.

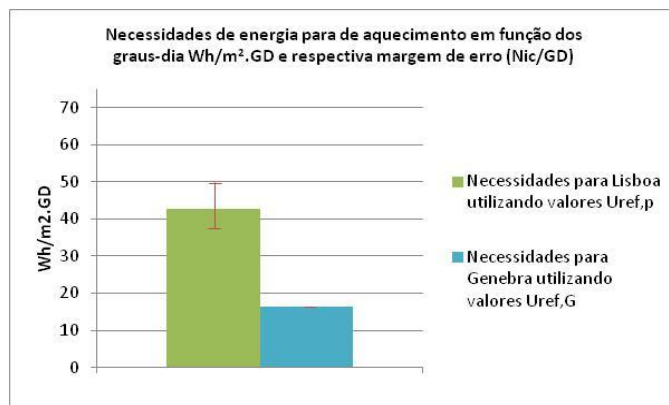


Fig. 52 - Comparação entre as necessidades de energia para aquecimento (N_{ic}) para Lisboa através dos valores $U_{ref,p}$ em função dos respectivos graus-dias e as necessidades de energia para aquecimento para Genebra através dos valores $U_{ref,G}$ em função dos respectivos graus-dias (GD), calculados segundo a média de ambos os modelos de cálculo.

Coeficientes de transmissão térmica $U_{ref,p,n}$

Visto os coeficientes U_{lim} traduzirem em parte o nível das exigências das necessidades de energia para aquecimento, neste caso de estudo, podemos verificar que este nível é inferior no caso da metodologia portuguesa relativamente à de Genebra. Tendo também em conta a análise meteorológica descrita anteriormente, Genebra sofre de um clima mais rigoroso na estação de aquecimento comparativamente a Lisboa, o que justifica o facto dos coeficientes de transmissão térmica, segundo o modelo de

Genebra serem mais exigentes que segundo a metodologia portuguesa. Por outro lado, como foi possível observar nos resultados apresentados anteriormente, as necessidades de energia para aquecimento do edifício no inverno, normalizadas pelos graus-dias, é superior em Lisboa. Assim, pode concluir-se que existe possibilidade de aumentar a exigência de $U_{ref,p}$, e consequentemente os limites N_i de forma a reduzir as necessidades de energia na estação de aquecimento em Lisboa.

Uma hipótese possível será a de utilizar os valores $U_{lim,G}$ determinados para Lisboa segundo o modelo de cálculo de Genebra, como os novos valores de referência ($U_{ref,p,n}$), desta maneira chegaríamos a resultados como os da Fig. 53.

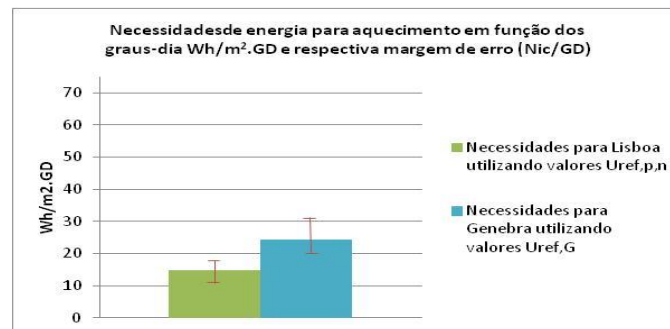


Fig. 53 – Comparação entre as necessidades de energia para aquecimento (N_{ic}) para Lisboa através dos valores $U_{ref,p,n}$ em função dos respectivos graus-dias e as necessidades de aquecimento para Genebra através dos valores $U_{ref,G}$ em função dos respectivos graus-dias (GD), calculados segundo a média de ambos os modelos de cálculo.

5. Conclusão

Neste trabalho foi feito um estudo das necessidades de energia para aquecimento de uma habitação unifamiliar. A mesma habitação foi analisada para as condições meteorológicas de Genebra e de Lisboa, seguindo a Lei para a energia de Genebra (L 2 30) e o RCCTE, respectivamente. As características geométricas desta moradia foram análogas nas duas condições assim como as características do sistema de ventilação e as respectivas orientações das fachadas.

O objectivo do estudo foi comparar as necessidades de energia para aquecimento da habitação de acordo com a lei de cada cidade/país, para várias soluções da envolvente com diferentes coeficientes de transmissão térmica. Foram determinados valores U segundo cada modelo em cada cidade, que permitissem que as necessidades de energia para aquecimento se aproximassem dos respectivos limites de forma a respeitarem-nos. Desta forma foi possível chegar a valores das necessidades de energia para aquecimento, com ambos os modelos, e chegar à conclusão que as necessidades de energia em função dos graus-dias de cada cidade são superiores em Lisboa.

Tendo em conta a rigorosidade de ambos os climas, eram esperadas maiores necessidades de energia na estação de aquecimento em Genebra.

Este trabalho permitiu concluir que devem ser feitos mais estudos com vista a uma maior exigência nos coeficientes de transmissão térmica de referência, que se deverá repercutir nos valores máximos permitidos para as necessidades nominais de energia útil (N_i). Uma primeira hipótese é sugerida na Tabela 20.

Tabela 20 - Hipótese de reformulação dos coeficientes de transmissão térmica de referência ($U_{ref,p,n}$) e coeficientes de transmissão térmica actuais ($U_{ref,p}$) presentes no RCCTE por elemento da envolvente.

	Lisboa (zona I ₁)	
	$U_{ref,p,n}$ (W/m ² K)	$U_{ref,p}$ (W/m ² K)
Fachadas exteriores	0.46	0.70
Paredes em contacto com local não aquecido	0.69	1.40
Paredes em contacto com solo	0.69	-
Cobertura exterior	0.46	0.50
Cobertura em contacto com local não aquecido	0.58	1,00
Pavimento em contacto com solo	0.69	-
Pavimento em contacto com local não aquecido	0.69	1,00
Vidros de vãos envidraçados	2.10	-
Vãos envidraçados	2,15	4,30 ¹
Porta exterior	1.70	-

A comparação entre metodologias dos regulamentos de vários países pode ser um contributo importante quando se tem por objectivo avaliar o nível de exigência a impor para a envolvente térmica. No entanto, dever-se-á ter em conta as condições climáticas distintas das várias regiões. Neste caso, adoptou-se para país de comparação, a Suíça, cujas condições climáticas de Inverno são mais rigorosas e por esse motivo, o nível de exigência é mais restritivo para os coeficientes de transmissão térmica. Realça-se que uma maior restrição dos coeficientes de transmissão térmica pode fomentar o desenvolvimento de técnicas e materiais novos. O aumento do nível de exigência através da revisão regulamentar não deverá no entanto, ser feito sem uma análise económica dos países comparados, de forma a avaliar a possibilidade de incorporação de tais mudanças face à situação actual do país.

¹ Valor médio dia-noite (inclui efeito de protecção nocturna) para vãos envidraçados verticais; os vãos envidraçados horizontais consideram-se sempre como se instalados em locais sem ocupação nocturna. RCCTE.

Por esta razão, entende-se que este trabalho não é suficiente para uma alteração dos coeficientes de transmissão térmica de referência que constam no RCCTE, embora que seja um ponto de partida para uma análise cuidada e alargada do que pode vir ser melhorado neste regulamento.

Trabalhos futuros:

- Os valores $U_{ref,p,n}$ respeitam as necessidades de arrefecimento N_v mas estes devem ser revistos em simulação dinâmica para garantir que não exista sobreaquecimento, em geral, na estação de arrefecimento;
- Um estudo deste tipo dever ser feito também em outros edifícios com diferentes factores forma e localizados em zonas climáticas distintas (por exemplo, nas cidades extremo de cada zona prevista no RCCTE);
- Deve ser feita igualmente uma análise nos edifícios de serviços sujeitos à aplicação do RCCTE;
- Como foi referido anteriormente, é necessária uma análise económica do mercado actual para perceber até que ponto a alteração dos coeficientes de transmissão térmica de referência é viável na situação actual do país.

6. Referências

- [1] A Evolução da Eficiência & Conservação de Energia em Portugal, <http://www.dgge.pt>
- [2] Camelo, S., Santos, C., et Al., 2005, Manual de apoio à aplicação do RCCTE, INETI, Lisboa
- [3] Certificação energética e ar interior – Edifícios, 2009, Portugal Impact, compliance and control of legislation. Developments and trends by July 2009, ASIEPI workshop, Bruxelas, <http://www.adene.pt>
- [4] Certificação energética e ar interior – Edifícios, Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE), <http://www.adene.pt>
- [5] Direcção geral da energia – Ministério da economia, 2002, Eficiência energética nos edifícios, Portugal
- [6] Eficiência energética, <http://caixavegroup.com>
- [7] Energy conservation in buildings & community systems, 2011, ECBS News June 2011 – Issue 53, International Energy Agency, <http://www.ecbcs.org>
- [8] Grand Conseil de la République et canton de Genève, 2001, Loi – modifiant de la loi sur l'énergie (L 2 30), 8426, Suíça
- [9] Grand Conseil de la République et canton de Genève, 2010, Loi – modifiant de la loi sur l'énergie (L 2 30), 10258, Suíça
- [10] Gonçalves, H.G., Graça, J.M., 2004, Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal, DGGE/IP-3E, Lisboa
- [11] Gonçalves, H., Ramalho, Á., 2003, Verificação das correlações de Inverno (Ni) em estudos de caso, estudos preparatórios para o novo RCCTE – Inverno, INETI, Lisboa
- [12] Infomind Sàrl, 8004 Zurich. Catalogue des ponts thermiques, Office fédéral de l'énergie OFEN, Suisse
- [13] Instituto Nacional de estatística e Direcção Geral de Energia e Geologia, 2011, Inquérito ao consumo de energia no sector doméstico 2010, Portugal
- [14] Instituto Nacional de Estatística, 2011, Estatísticas da Construção e da Habitação – 2010, Portugal
- [15] International Energy Agency, 2009, Energy policies of IEA countries – Portugal 2009 review
- [16] La Société, <http://www.sia.ch/f/societe/index.cfm>
- [17] Manual de boas práticas de eficiência energética – Implementar o desenvolvimento sustentável nas empresas, BCSD Portugal Conselho Empresarial para o Desenvolvimento Sustentável, ISR Dep. De Eng. Electrotécnica e de Computadores Universidade de Coimbra
- [18] Ministério da Economia e da Inovação, 4 de Abril de 2006. Decreto-Lei n.º 80/2006. Diário da República.
- [19] Ministério da Economia e da Inovação, 2008, Portugal eficiência 2015 – Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética, apresentação da versão para discussão pública, Portugal
- [20] Panão, M., Camelo, S., et Al., 2011, Assessment of the Portuguese building thermal code: Newly revised requirements for cooling energy needs used to prevent the overheating of buildings in the summer, Energy, 36, 99. 3262-3271
- [21] Portugal 2008 – Energy production, <http://www.iea.org>
- [22] Portugal 2008 – Total primary energy supply, <http://www.iea.org>
- [23] Secrétariat du Grand Conseil, Broggini, M., 2001, Rapport de la Commission de l'énergie et des Services industriels de Genève chargée d'étudier le projet de loi de Conseil d'Etat modifiant la loi sur l'énergie (L 2 30), PL 8426-A, Suíça
- [24] Secrétariat du Grand Conseil, Gillet, M., et Al., 2009, Rapport de la Commission de l'énergie et des Services industriels de Genève chargée d'étudier le projet de loi de Conseil d'Etat modifiant la loi sur l'énergie (L 2 30), PL 10258-A, Suíça
- [25] Secrétariat du Grand Conseil, 2000, Projet de loi – modifiant la loi sur l'énergie (L 2 30), PL 8426, Suíça
- [26] Secrétariat du Grand Conseil, 2008, Projet de loi – modifiant la loi sur l'énergie (L 2 30), PL 10258, Suíça
- [27] Santos, C.A.P., Matias, L., 2006, Coeficiente de transmissão térmica de elementos da envolvente dos edifícios, LNEG, Lisboa
- [28] Société suisse des ingénieurs et des architectes, 2007. SIA 382/1 :2009. SN, Suisse
- [29] Société suisse des ingénieurs et des architectes, 1999. SIA 180. SN, Suisse
- [30] Société suisse des ingénieurs et des architectes, 2009. SIA 380/1 :2009. SN, Suisse
- [31] Société suisse des ingénieurs et des architectes, 2008. Cahier technique 2023. SN, Suisse
- [32] Hochschule für Technik + Architektur - Luzern, 2007, Wärmebrückenkatalog für Minergie-P-Bauten – Schlussbericht, Konferenz Kantonalen Energiefachstellen, Suisse.
- [33] Santos P., Mateus P., et Al., 2010, Concerted action energy performance of buildings – Implementation of the EPBD in Portugal Status in November 2010, ADENE, Portugal
- [34] Software Flixo – Versão 6
- [35] Software Lesosai 7.1 (build 637)
- [36] Software Meteonorm – Versão 6.1
- [37] Software Flixo – Versão 6
- [38] Standards & Technique, http://www.minergie.ch/minergie_fr.html

- [39] UNI, Thermal performance of windows, doors and shutters – Calculation of thermal transmittance, simplified method, 2002, EN ISO 10077-1
- [40] Products, <http://www.egokiefer.ch>

Anexo 1

Normas suíças em vigor

SIA 180 – Isolamento térmico e protecção contra a humidade dentro dos edifícios

Objectivo

Assegurar um clima confortável no interior do edifício ao nível de isolamentos térmicos e da protecção contra a humidade nos edifícios, no inverno e no verão.

Esta norma não visa a utilização racional de energia¹.

Exigências

- Conforto térmico;
- Ventilação;
- Protecção térmica no inverno;
- Protecção térmica no verão;
- Protecção contra a humidade.

Conforto térmico:

A Tabela 1 apresenta as condições de conforto térmico no interior de um edifício estabelecidas pela presente norma.

Tabela 1 - Condições de conforto térmico interior

	Unidades	Inverno ²	Verão ³
Temperatura ambiente	°C	Entre 19 e 24	Entre 23,5 e 26,5
Velocidade média do ar	m/s	< 0,15	< 0,2
Humidade relativa	%	Entre 30 e 70	-

Protecção térmica de inverno:

Coefficientes de transmissão térmica (U) máximos⁴, para assegurar o conforto e a protecção contra a humidade, em W/m²K, nas condições normais⁵ de utilização:

¹ Esse aspecto é abordado na norma SIA 380/1.

² Condições ideais para vestuário = 1 clo e actividade = 1,2 met.

³ Condições ideais para vestuário = 0,5 clo e actividade = 1,2 met.

⁴ Podem ser exigidos limites de coeficientes de transmissão térmica mais existentes por razões energéticas (SIA 380/1).

⁵ Apresentadas na Tabela 7 deste anexo.

Tabela 2 - Coeficientes de transmissão térmica

	Exterior ou em contacto com o solo < 2 m de profundidade	Locais não aquecidos	Em contacto com o solo > 2 m de profundidade
Telhados com inclinação ou terraços	0,4 ⁶	0,5	0,6
Paredes	0,4	0,6	0,6
Vãos envidraçados e portas	2,4	2,4	-
Pavimentos	0,4	0,6	0,6

Protecção térmica de Verão:

Os edifícios devem ser construídos, de forma a assegurar o conforto térmico interior, durante o período de tempo em que a temperatura exterior é superior a 30°C (excepto durante as ondas de calor), sem recurso a arrefecimento artificial. Deve ser garantido que as protecções solares são correctamente utilizadas e que a carga térmica interna específica é inferior a 7 W/m² numa média diária, (24h) nos locais de serviços e 5 W/m² nos locais de habitação.

Os telhados devem ser, não só, bem isolados ($U < 0,4 \text{ W/m}^2\text{.K}$), como também apresentar um coeficiente de transmissão térmica dinâmica (U_T), não superior a 0,2 W/m².K por um período de 24 horas.

SIA 380/1 – Energia térmica nos edifícios

A SIA 380/1 tem como finalidade a utilização racional de energia nos edifícios nas suas necessidades de aquecimento e de produção de AQS, a nível da optimização dos mesmos. No entanto, a optimização da eficiência dos sistemas de produção de calor, tanto do ar interior como do AQS⁷, não está estabelecida nesta norma.

Esta norma aplica-se a:

- A todos os edifícios novos, que sejam renovados ou ampliados e que sejam aquecidos a uma temperatura igual ou superior a 10°C.

Esta norma estabelece:

- Métodos de cálculo que prevejam, não só, a optimização das necessidades de aquecimento dos edifícios novos (previsão) e renovação de edifícios (optimização), como também dos seus valores limite.
- Os cálculos são efectuados através da utilização das condições normais de utilização e os dados climáticos aplicados têm de estar de acordo com certos critérios de exigência.
- Valores limite, valores *cibles* e valores de referência em termos de coeficientes de transmissão térmica (valores U, pontes térmicas lineares e pontes térmicas pontuais).
- 12 tipologias de edifícios, assim como as suas condições normais de utilização correspondentes.

⁶ Caso cumpra as condições para a protecção térmica de Verão referidas no segundo parágrafo da página 2 do presente anexo.

⁷ Normas SIA 384 e SIA 385 respectivamente.

Balanço térmico

Necessidades térmicas de aquecimento (Q_h):

As necessidades térmicas de aquecimento Q_h representam a quantidade de calor, por unidade de área de referência energética (A_E), necessária para o aquecimento dos edifícios durante um ano, até à temperatura estabelecida consoante a tipologia do edifício. Este valor é o resultado do somatório mensal das perdas de calor por transmissão na envolvente térmica (Q_T) e por renovação do ar (Q_V) com os ganhos úteis internos (Q_i) e solares (Q_s).

No cálculo de Q_h é feito o produto entre os ganhos úteis e uma taxa de utilização (η_g). Esta taxa é utilizada para compensar a estacionariedade deste método de cálculo e depende da inércia térmica do edifício e do quociente entre os ganhos e as perdas de calor.

As necessidades térmicas de aquecimento dependem dos seguintes dados:

- Tipo de utilização final;
- Género de regulação da temperatura ambiente;
- Estação meteorológica respectiva, relativamente aos dados climáticos locais;
- Área de referência energética;
- Elementos do envelope (áreas, valores U , temperatura de um eventual edifício contíguo aquecido, majoração da temperatura para dispositivos de aquecimento que estejam integrados nos elementos de envelope térmico ou para radiadores em contactos com vãos envidraçados);
- Pontes térmicas (dimensões⁸, valor Ψ , valor χ);
- Factores de redução de perdas em contacto com locais não aquecidos ou com terreno);
- Vãos envidraçados (valor g ou factor solar, percentagem envidraçada das janelas, factores de sombreamento);
- Inércia térmica.

Requisitos

Valores limite e valores pontuais:

Os valores limite devem ser estritamente respeitados nos edifícios novos, através da utilização dos valores limite pontuais ou respeitando os valores limite globais. No caso de edifícios sujeitos a renovação ou alteração de tipologia é respeitado o valor limite no desempenho global ou os valores pontuais em cada elemento alterado.

⁸ O cálculo dos coeficientes de transmissão térmica é efectuado a partir das dimensões exteriores ao envelope.

Valores limite pontuais

Tabela 3 - Valores limite e valores *cible* de transmissão térmica U, para uma temperatura interior de 20°C

	Valores limite U_{ij}		Valores <i>cible</i> U_{ta}	
	$W/m^2.K$		$W/m^2.K$	
	Em contacto com o exterior ou com o terreno a menos de 2 m de profundidade	Em contacto com locais não aquecidos ou com o terreno a mais de 2 m de profundidade	Em contacto com o exterior ou com o terreno a menos de 2 m de profundidade	Em contacto com locais não aquecidos ou com o terreno a mais de 2 m de profundidade
Telhados/tectos	0.20	0.25	0.09	0.15
Paredes/pavimentos	0.20	0.28	0.11	0.15
Elementos opacos com sistema de aquecimento integrado	0.20	0.25	0.09	0.15
Vãos envidraçados	1.30	1.60	0.90	1.10
Vãos envidraçados em contacto com radiadores	1.00	1.30	0.80	1.00
Portas	1.30	1.60	1.10	1.30
Portas superiores a 6 m2	1.70	2.00	1.20	1.40
Caixas de estor	0.50	0.50	0.30	0.30

Tabela 4 - Valores limite e valores *cible* de transmissão térmica U para elementos renovados, numa temperatura interior de 20°C

	Valores limite U_{ij}		Valores <i>cible</i> U_{ta}	
	$W/m^2.K$		$W/m^2.K$	
	Em contacto com o exterior ou com o terreno a menos de 2 m de profundidade	Em contacto com locais não aquecidos ou com o terreno a mais de 2 m de profundidade	Em contacto com o exterior ou com o terreno a menos de 2 m de profundidade	Em contacto com locais não aquecidos ou com o terreno a mais de 2 m de profundidade
Telhados/tectos	0.25	0.28	0.15	0.20
Paredes/pavimentos	0.25	0.30	0.15	0.20
Elementos opacos com sistema de aquecimento integrado	0.25	0.28	0.15	0.20
Vãos envidraçados	1.30	1.60	0.90	1.10
Vãos envidraçados em contacto com radiadores	1.00	1.30	0.80	1.00
Portas	1.30	1.60	1.10	1.30
Portas superiores a 6 m2	1.70	2.00	1.20	1.40
Caixas de estor	0.50	0.50	0.30	0.30

Tabela 5 - Valores limite e *cible* das pontes térmicas lineares e pontuais⁹

Coefficientes de transmissão térmica lineares ψ	Valores limite ψ_{li}	Valores <i>cible</i> ψ_{ta}
	W/m.K	W/m.K
Tipo 1 (ex. varandas)	0.30	0.15
Tipo 2 Interrupção do elemento isolante por paredes ou tectos	0.20	0.10
Tipo 3 Interrupção do elemento isolante por arestas horizontais ou verticais	0.20	0.10
Apoio de vãos envidraçados (peitoril/padieira)	0.10	0.05
Coefficientes de transmissão térmica pontuais χ	Valores limite χ_{li}	Valores <i>cible</i> χ_{ta}
	W/K	W/K
Tipo 6 Elemento pontual que atravessa elemento isolante (ex. pilares)	0.30	0.15

Desempenho energético global

Para definir o tipo de desempenho energético global, tanto em termos de cálculo do valor limite como do valor *cible* global, cada edifício deve ser analisado, de acordo com as 12 tipologias definidas pela presente norma.

Cada edifício poderá ter mais do que uma tipologia, tendo neste caso de ser feita uma divisão do mesmo por zonas. Neste caso, o valor limite ou *cible* do desempenho energético global deve ser calculado, através de uma média dos valores limite ou *cible* ponderada em função da sua A_E .

Este cálculo é feito considerando as condições normais de utilização, que serão definidas mais à frente.

A análise do desempenho energético global dos edifícios, não utilizados regularmente (ex. casas de férias), é feita considerando uma utilização permanente dos mesmos.

Os valores limite para os edifícios novos calculam-se através da fórmula (1).

$$Q_{h,li} = Q_{h,li0} + \Delta Q_{h,li} \cdot \frac{A_{th}}{A_E} \quad (1)$$

A_{th} - área total do envelope térmico;

A_E - área de referência energética

$Q_{h,li0}$ e $\Delta Q_{h,li}$ - são definidos na tabela 6.

⁹ Os coeficientes de transmissão térmica do tipo 4 foram suprimidos na actualização da presente norma. Estes e os enunciados na Tabela 5 estão detalhados em: Infomind Sàrl, 8004 Zurich. Catalogue des ponts thermiques, Office fédéral de l'énergie OFEN, Suisse.

Tabela 6 - Valores limite das necessidades de aquecimento anuais dos edifícios novos para uma temperatura média anual exterior θ_{ea} de 8.5°C

Tipologias		Valores limite	
		$Q_{h,li0}$	$\Delta Q_{h,li}$
		MJ/m ²	MJ/m ²
I	Habitação colectiva	55	65
II	Habitação individual	65	65
III	Administração	65	85
IV	Escola	70	70
V	Comércio	50	65
VI	Restauração	95	75
VII	Lugares públicos comuns	95	75
VIII	Hospital	80	80
IX	Indústria	60	70
X	Depósito	60	70
XI	Instalação desportiva	75	70
XII	Piscina coberta	70	90

O valor limite calculado segundo a fórmula (1) e através da utilização dos valores especificados na Tabela 6 são válidos para $\theta_{ea} = 8.5^{\circ}\text{C}$. Tendo em conta que θ_{ea} varia com o local da construção do edifício, $Q_{h,li}$ é majorado ou minorado, consoante θ_{ea} seja inferior ou superior a 8,5°, respectivamente, em 4% por cada grau de diferença. Para este cálculo é utilizada a temperatura média anual da respectiva estação meteorológica de referência.

Ex. : $\theta_{ea \text{ Genebra}} = 10,7$: $Q_{h,li \text{ Genève}} = Q_{h,li} \cdot (1 - (10,7 - 8,5) \cdot 0,04)$

O valor de $Q_{h,li}$ para edifícios sujeitos a transformação é 125% superior ao valor limite para os edifícios a construir.

Os valores cible $Q_{h,ta}$ para os edifícios novos, são 60% dos valores limite para os edifícios novos. Os valores cible $Q_{h,ta}$ para os edifícios sujeitos a renovação são 80% dos valores limite respectivos.

Condições normais de utilização

Tabela 7 - Condições normais de utilização

Tipologias		Temperatura ambiente	Área p/pessoa	Calor médio perdido p/pessoa	Duração da presença de pessoas	Necess. de electricidade	Factor de redução das necess. de electricidade	Débito de ar novo	Necess. de calor para AQS
		t	m ² /P	W/P	h	MJ/m ²	-	m ³ /h.m ²	MJ/m ²
I	Habitação colectiva	20	40	70	12	100	0.7	0.7	75
II	Habitação individual	20	60	70	12	80	0.7	0.7	50
III	Administração	20	20	80	6	80	0.9	0.7	25
IV	Escola	20	10	70	4	40	0.9	0.7	25
V	Comércio	20	10	90	4	120	0.8	0.7	25
VI	Restauração	20	5	100	3	120	0.7	1.2	200
VII	Lugares públicos comuns	20	5	80	3	60	0.8	1	50
VIII	Hospital	22	30	80	16	100	0.7	1	100
IX	Indústria	18	20	100	6	60	0.9	0.7	25
X	Depósito	18	100	100	6	20	0.9	0.3	5
XI	Instalação desportiva	18	20	100	6	20	0.9	0.7	300
XII	Piscina coberta	28	20	60	4	200	0.7	0.7	300

Anexo 2

Minergie®

Minergie® é uma etiqueta de qualidade energética destinada aos edifícios novos ou renovados e é apoiada pelo estado federal, pelos cantões suíços e por numerosos membros individuais. Esta visa o conforto para os utilizadores dos edifícios a par com a eficiência energética.

A direcção estratégica é confiada a um conselho de administração composto por nove membros e presidida pelo conselheiro do estado Heinz Tännler.

Os padrões de construção Minergie® têm uma importância reconhecida, pois estes introduziram metas de eficiência energética para os proprietários dos edifícios, onde a obtenção da certificação Minergie® valoriza o edifício em questão a nível de mercado e de imagem do mesmo. Uma outra consequência desta certificação é o facto da indústria da construção, desde a criação dos padrões Minergie®, ter vindo a desenvolver serviços especializados e produtos Minergie®. Entre os fornecedores figuram arquitectos, produtores de materiais e produtores de elementos de construção. A amplitude deste mercado vai incrementando a qualidade da oferta e o poder de compra.

Minergie®

Os padrões Minergie® são padrões opcionais que permitem a utilização racional de energia e a implementação de energias renováveis. Os objectivos da certificação Minergie® são definidos sob a forma de um valor limite no consumo de energia. É importante que todo o edifício seja considerado um sistema integral, ou seja, envolvente térmica + sistemas de energia. Estes últimos comportam ventilação, aquecimento do edifício e AQS e não devem ser considerados como equipamento suplementar mas sim, como parte integrante necessária.

Devem ser respeitados requisitos a nível de:

- Exigências primárias para a envolvente térmica do edifício;
- Renovação do ar interior controlada;
- Valor limite Minergie® (índice de energia ponderada);
- Justificativo do conforto térmico no Verão;
- Exigências suplementares dependentes da tipologia do edifício, em iluminação, refrigeração industrial e produção de calor;
- Os sobre-custos inerentes a esta certificação relativamente aos convencionais equivalentes devem ser inferiores a 10%.

As exigências Minergie® (Norma SIA 380/1 :2009) para edifícios novos são as seguintes:

Tabela 1 - Exigências Minergie® (Norma SIA 380/1 :2009) para edifícios novos.

	Tipologia	Valor limite*	Exigências primárias	Instalação de ventilação	Exigências suplementares
I	Habitação colectiva	38 kWh/m ² AL, AQ, EV	$Q_h \leq 90\%$ $Q_{h,li}$	sim	Sem exigências; Recomendação para electrodomésticos: Etiqueta de energia classe A;
II	Habitação individual	38 kWh/m ² AL, AQ, EV	$Q_h \leq 90\%$ $Q_{h,li}$	sim	Sem exigências; Recomendação para electrodomésticos: Etiqueta de energia classe A;
III	Administração	40 kWh/m ² AL, AQ, EV	$Q_h \leq 90\%$ $Q_{h,li}$	sim	Iluminação segundo a Norma 380/4;

IV	Escola	40 kWh/m ² AL, AQ, EV	$Q_h \leq 90\%$ Q _{h,li}	sim	Iluminação segundo a Norma 380/4;
V	Comércio	40 kWh/m ² AL, AQ, EV	$Q_h \leq 90\%$ Q _{h,li}	sim	Iluminação segundo a Norma 380/4; Frio industrial
VI	Restauração	45 kWh/m ² AL, EV	$Q_h \leq 90\%$ Q _{h,li}	sim	Iluminação segundo a Norma 380/4 AQ: 20% das necessidades cobertas por energias renováveis
VII	Lugares públicos comuns	40 kWh/m ² AL, AQ, EV	$Q_h \leq 90\%$ Q _{h,li}	sim	Iluminação segundo a Norma 380/4
VIII	Hospital	70 kWh/m ² AL, AQ, EV	$Q_h \leq 90\%$ Q _{h,li}	sim	Iluminação segundo a Norma 380/4 Frio industrial
IX	Indústria	20 kWh/m ² AL, AQ, (EV)	$Q_h \leq 90\%$ Q _{h,li}	sim	Iluminação segundo a Norma 380/4
X	Depósito	20 kWh/m ² AL, AQ, (EV)	$Q_h \leq 90\%$ Q _{h,li}	sim	Iluminação segundo a Norma 380/4
XI	Instalação desportiva	25 kWh/m ² AL, EV	$Q_h \leq 90\%$ Q _{h,li}	sim	Iluminação segundo a Norma 380/4 AQ: 20% das necessidades cobertas por energias renováveis
XII	Piscina coberta	Sem valor limite	$Q_h \leq 60\%$ Q _{h,li}	sim	Iluminação segundo a Norma 380/4 AQ: 20% das necessidades cobertas por energias renováveis Processo de banhos optimizado

Tabela 2 - exigências Minergie® (Norma SIA 380/1 :2009) para edifícios anteriores a 2000.

	Tipologia	Valor limite	Exigências primárias	Instalação de ventilação	Exigências suplementares
I	Habitação colectiva	60 kWh/m ² AL, AQ, EV	-	sim	Sem exigências Recomendação para electrodomésticos: Etiqueta de energia classe A
II	Habitação individual	60 kWh/m ² AL, AQ, EV	-	sim	Sem exigências Recomendação para electrodomésticos: Etiqueta de energia classe A
III	Administração	55 kWh/m ² AL, AQ, EV	-	aconselhável	Iluminação segundo a Norma 380/4
IV	Escola	55 kWh/m ² AL, AQ, EV	-	obrigatório	Iluminação segundo a Norma 380/4
V	Comércio	55 kWh/m ² AL, AQ, EV	-	aconselhável	Iluminação segundo a Norma 380/4 Frio industrial
VI	Restauração	65 kWh/m ² AL, EV	-	sim	Iluminação segundo a Norma 380/4 AQ: 20% das necessidades cobertas por energias renováveis
VII	Lugares públicos comuns	60 kWh/m ² AL, AQ, EV	-	aconselhável	Iluminação segundo a Norma 380/4
VIII	Hospital	85 kWh/m ² AL, AQ, EV	-	sim	Iluminação segundo a Norma 380/4 Frio industrial
IX	Indústria	40 kWh/m ² AL, AQ, (EV)	-	aconselhável	Iluminação segundo a Norma 380/4
X	Depósito	35 kWh/m ² AL, AQ, (EV)	-	aconselhável	Iluminação segundo a Norma 380/4
XI	Instalação desportiva	40 kWh/m ² AL, EV	-	aconselhável	Iluminação segundo a Norma 380/4 AQ: 20% das necessidades cobertas por energias renováveis
XII	Piscina coberta	Sem valor limite	$Q_h \leq 100\%$ Q _{h,li}	sim	Iluminação segundo a Norma 380/4 AQ: 20% das necessidades cobertas por energias renováveis Processo de banhos optimizado

Informações relativas às Tabelas 1 e 2:

AL: Aquecimento dos locais;

AQ: Água quente;

EV: Electricidade para ventilação mecânica;

(EV): Electricidade para ventilação mecânica aconselhada;

*: Se existir refrigeração, humidificação ou desumidificação nos locais, o consumo de energia é tido em conta no valor limite Minergie®.

Significado das exigências suplementares:

Iluminação segundo a norma 380/4: O consumo eléctrico encontra-se no máximo a 25% da diferença valor *cible*/valor limite acima do valor *cible* SIA 380/4.

Águas quentes sanitárias: 20% do consumo eléctrico para águas quentes sanitárias é assegurado por energias renováveis.

Frio industrial: No caso de existirem zonas frigoríficas nas tipologias em questão, deve existir recuperação de calor das mesmas.

Processo de banhos optimizado: As piscinas cobertas devem apresentar um projecto conceptual optimizado, ou seja, com recuperação de calor com uma PAC para a ventilação e recuperador de calor para a água da piscina (quando esta é substituída por água nova). Justificativo com cálculos técnicos por parte de especialistas, projecto conceptual energético e esquema de princípio.

O calor desperdiçado deve ser sempre recuperado, excepto nos casos em que estes não possam ser utilizados de uma forma racional ou se o período de funcionamento é demasiado curto para assegurar um rendimento mínimo.

Minergie-P®

Os padrões Minergie-P® certificam os edifícios que visam um consumo energético inferior ao de Minergie®, sendo mais rigorosos nos seus limites. Estes destinam-se a projectos orientados para uma construção específica de baixo consumo. Uma casa destinada à certificação Minergie-P® é projectada, construída e optimizada , tanto a nível global como parte a parte, para ser possível atingir o seu objectivo de baixo consumo.

Esta certificação permite obter eficiência e conforto nos projectos que respeitam os seus limites. Devem ser respeitados requisitos a nível de:

- Exigências primárias para a envolvente térmica do edifício;
- Renovação do ar interior controlada;
- Valor limite Minergie-P® (índice de energia ponderada);
- Justificativo do conforto térmico no Verão;
- Exigências suplementares dependentes da tipologia do edifício, na iluminação, na refrigeração industrial e na produção de calor;
- Estanquidade do ar na envolvente térmica do edifício;
- Electrodomésticos;
- Os sobre-custos inerentes a esta certificação relativamente aos convencionais equivalentes devem ser inferiores a 15%.

Tabela 3 - Exigências Minergie-P para edifícios novos.

	Tipologia	Valor limite	Exigências primárias	Necessidades específicas de potência térmica para aquecimento do ar	Instalação de ventilação	Estanqueidade e ao ar (n50, valor st)	Aparelhos com bom rendimento energético	Exigências suplementares
I	Habitação colectiva	30 kWh/m ²	$Q_h \leq 60\%$ $Q_{h,li}$ ou $Q_h \leq 15 \text{ kWh/m}^2$	10W/m ²	sim	0.6h	sim	-
II	Habitação individual	30 kWh/m ²	$Q_h \leq 60\%$ $Q_{h,li}$ ou $Q_h \leq 15 \text{ kWh/m}^2$	10W/m ²	sim	0.6h	sim	-
III	Administração	25 kWh/m ²	$Q_h \leq 60\%$ $Q_{h,li}$ ou $Q_h \leq 15 \text{ kWh/m}^2$	10W/m ²	sim	0.6h	sim	Iluminação, ventilação/refrigeração segundo a Norma 380/4;
IV	Escola	25 kWh/m ²	$Q_h \leq 60\%$ $Q_{h,li}$ ou $Q_h \leq 15 \text{ kWh/m}^2$	10W/m ²	sim	0.6h	sim	Iluminação, ventilação/refrigeração segundo a Norma 380/4;
V	Comércio	25 kWh/m ²	$Q_h \leq 60\%$ $Q_{h,li}$ ou $Q_h \leq 15 \text{ kWh/m}^2$	10W/m ²	sim	0.6h	sim	Iluminação, ventilação/refrigeração segundo a Norma 380/4; Frio industrial
VI	Restauração	40 kWh/m ²	$Q_h \leq 60\%$ $Q_{h,li}$ ou $Q_h \leq 15 \text{ kWh/m}^2$	10W/m ²	sim	0.6h	sim	Iluminação, ventilação/refrigeração segundo a Norma 380/4; AQ: 20% das necessidades cobertas por energias renováveis
VII	Lugares públicos comuns	40 kWh/m ²	$Q_h \leq 60\%$ $Q_{h,li}$ ou $Q_h \leq 15 \text{ kWh/m}^2$	10W/m ²	sim	0.6h	sim	Iluminação, ventilação/refrigeração segundo a Norma 380/4;
VII I	Hospital	45 kWh/m ²	$Q_h \leq 60\%$ $Q_{h,li}$ ou $Q_h \leq 15 \text{ kWh/m}^2$	10W/m ²	sim	0.6h	sim	Iluminação, ventilação/refrigeração segundo a Norma 380/4; Frio industrial
IX	Indústria	35 kWh/m ²	$Q_h \leq 60\%$ $Q_{h,li}$ ou $Q_h \leq 15 \text{ kWh/m}^2$	10W/m ²	sim	0.6h	sim	Iluminação, ventilação/refrigeração segundo a Norma 380/4;
X	Depósito	15 kWh/m ²	$Q_h \leq 60\%$ $Q_{h,li}$ ou $Q_h \leq 15 \text{ kWh/m}^2$	10W/m ²	sim	0.6h	sim	Iluminação, ventilação/refrigeração segundo a Norma 380/4;
XI	Instalação desportiva	20 kWh/m ²	$Q_h \leq 60\%$ $Q_{h,li}$ ou $Q_h \leq 15 \text{ kWh/m}^2$	10W/m ²	sim	0.6h	sim	Iluminação, ventilação/refrigeração segundo a Norma 380/4; AQ: 20% das necessidades cobertas por energias renováveis

Tabela 4 - Exigências Minergie-P para edifícios anteriores a 2000

	Tipologia	Valor limite	Exigências primárias	Necessidade s específicas de potência térmica para aquecimento do ar	Instalação de ventilação	Estanqueidade de ao ar (n50, valor st)	Aparelhos com bom rendimento energético	Exigências suplementares
I	Habitação colectiva	30 kWh/m ²	$Q_h \leq 80\% Q_{h,li}$ ou $Q_h \leq 15 \text{ kWh/m}^2$	10W/m ²	sim	1.5h	sim	-
II	Habitação individual	30 kWh/m ²	$Q_h \leq 80\% Q_{h,li}$ ou $Q_h \leq 15 \text{ kWh/m}^2$	10W/m ²	sim	1.5h	sim	-
III	Administração	25 kWh/m ²	$Q_h \leq 80\% Q_{h,li}$ ou $Q_h \leq 15 \text{ kWh/m}^2$	10W/m ²	sim	1.5h	sim	Iluminação, ventilação/refrigeração segundo a Norma 380/4;
IV	Escola	25 kWh/m ²	$Q_h \leq 80\% Q_{h,li}$ ou $Q_h \leq 15 \text{ kWh/m}^2$	10W/m ²	sim	1.5h	sim	Iluminação, ventilação/refrigeração segundo a Norma 380/4;
V	Comércio	25 kWh/m ²	$Q_h \leq 80\% Q_{h,li}$ ou $Q_h \leq 15 \text{ kWh/m}^2$	10W/m ²	sim	1.5h	sim	Iluminação, ventilação/refrigeração segundo a Norma 380/4; Frio industrial
VI	Restauração	40 kWh/m ²	$Q_h \leq 80\% Q_{h,li}$ ou $Q_h \leq 15 \text{ kWh/m}^2$	10W/m ²	sim	1.5h	sim	Iluminação, ventilação/refrigeração segundo a Norma 380/4; AQ: 20% das necessidades cobertas por energias renováveis
VII	Lugares públicos comuns	40 kWh/m ²	$Q_h \leq 80\% Q_{h,li}$ ou $Q_h \leq 15 \text{ kWh/m}^2$	10W/m ²	sim	1.5h	sim	Iluminação, ventilação/refrigeração segundo a Norma 380/4;
VII I	Hospital	45 kWh/m ²	$Q_h \leq 80\% Q_{h,li}$ ou $Q_h \leq 15 \text{ kWh/m}^2$	10W/m ²	sim	1.5h	sim	Iluminação, ventilação/refrigeração segundo a Norma 380/4; Frio industrial
IX	Indústria	35 kWh/m ²	$Q_h \leq 80\% Q_{h,li}$ ou $Q_h \leq 15 \text{ kWh/m}^2$	10W/m ²	sim	1.5h	sim	Iluminação, ventilação/refrigeração segundo a Norma 380/4;
X	Depósito	15 kWh/m ²	$Q_h \leq 80\% Q_{h,li}$ ou $Q_h \leq 15 \text{ kWh/m}^2$	10W/m ²	sim	1.5h	sim	Iluminação, ventilação/refrigeração segundo a Norma 380/4;
XI	Instalação desportiva	20 kWh/m ²	$Q_h \leq 80\% Q_{h,li}$ ou $Q_h \leq 15 \text{ kWh/m}^2$	10W/m ²	sim	1.5h	sim	Iluminação, ventilação/refrigeração segundo a Norma 380/4; AQ: 20% das necessidades cobertas por energias renováveis

Informações relativas às Tabelas 3 e 4:

Se Se 20% das necessidades de AQS forem cobertas por energias renováveis, o consumo em águas quentes não é tido em conta na energia final ponderada.

O calor desperdiçado deve ser sempre recuperado, excepto nos casos em que estes não possam ser utilizados de uma forma racional ou se o período de funcionamento é demasiado curto para assegurar um rendimento mínimo.

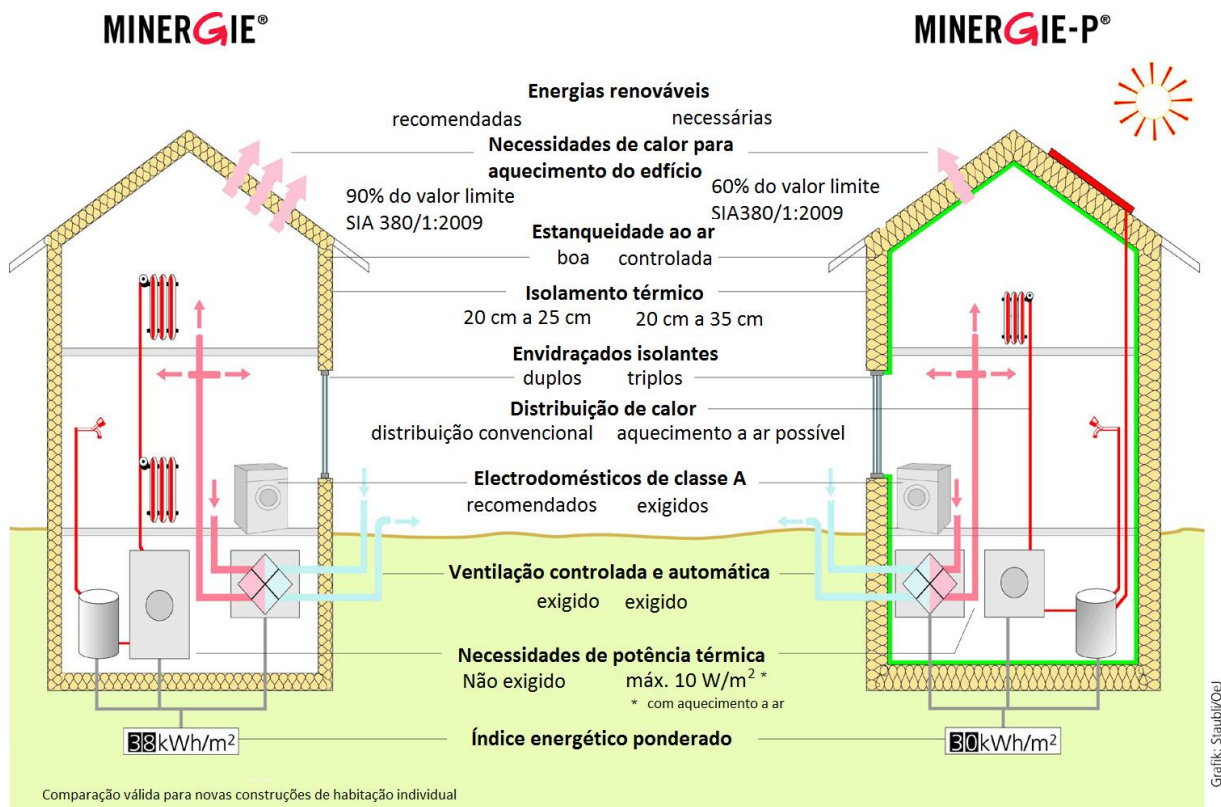


Fig. 1 - Comparação entre Minergie e Minergie-P para habitação individual.

Anexo 3

Necessidades térmicas de aquecimento em função dos graus-dias (N_{ic}/GD) segundo cada metodologia para Lisboa através dos coeficientes de transmissão térmica - U_{lim} , U_{ref} , $U_{ref,p,n}$

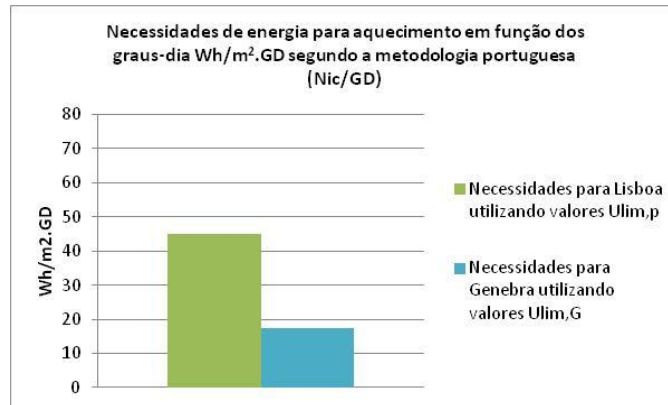


Fig. 1 - Comparação entre as necessidades de aquecimento (N_{ic}) para Lisboa através dos valores $U_{lim,p}$ em função dos respectivos graus-dias e as necessidades de aquecimento para Genebra através dos valores $U_{lim,G}$ em função dos respectivos graus-dias (GD), calculados segundo a metodologia portuguesa.

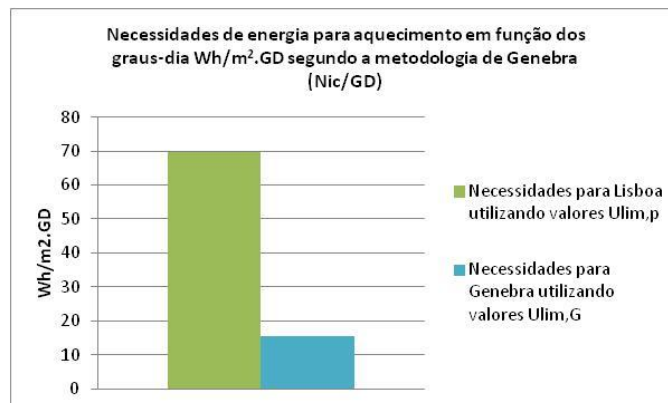


Fig. 2 - Comparação entre as necessidades de aquecimento (N_{ic}) para Lisboa através dos valores $U_{lim,p}$ em função dos respectivos graus-dias e as necessidades de aquecimento para Genebra através dos valores $U_{lim,G}$ em função dos respectivos graus-dias (GD), calculados segundo a metodologia de Genebra.

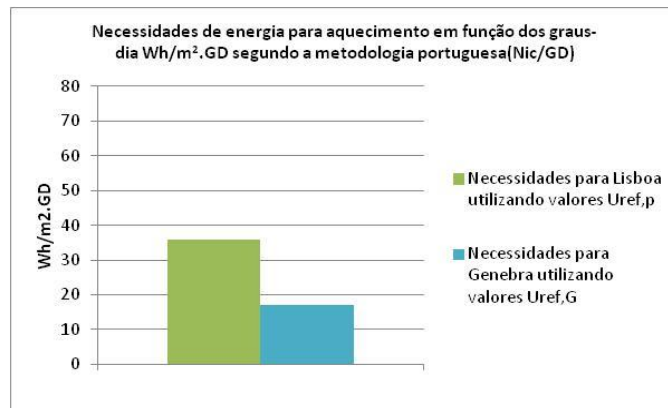


Fig. 3 - Comparação entre as necessidades de aquecimento (N_{ic}) para Lisboa através dos valores $U_{ref,p}$ em função dos respectivos graus-dias e as necessidades de aquecimento para Genebra através dos valores $U_{ref,G}$ em função dos respectivos graus-dias (GD), calculados segundo a metodologia portuguesa.

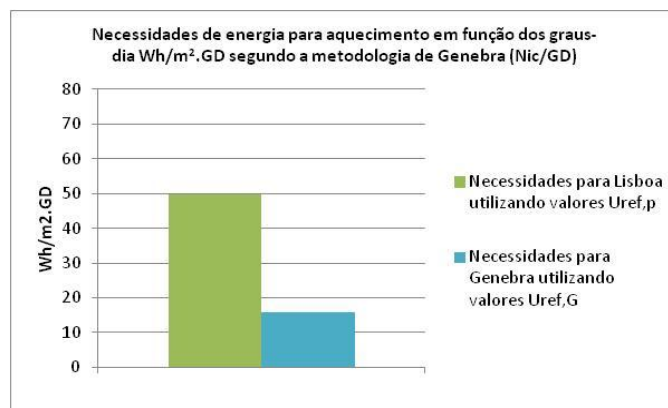


Fig. 4 - Comparação entre as necessidades de aquecimento (N_{ic}) para Lisboa através dos valores $U_{ref,p}$ em função dos respectivos graus-dias e as necessidades de aquecimento para Genebra através dos valores $U_{ref,G}$ em função dos respectivos graus-dias (GD), calculados segundo a metodologia de Genebra.

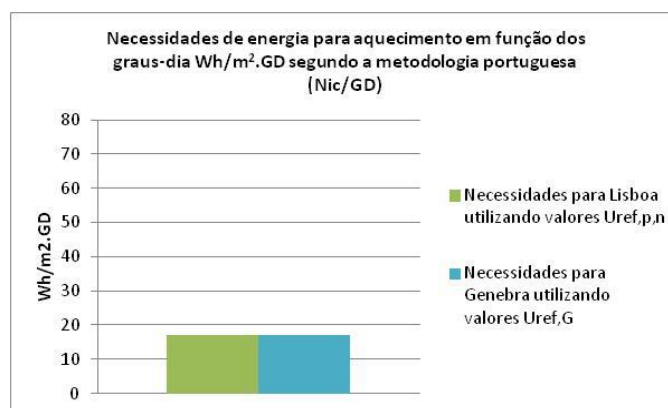


Fig. 5 - Comparação entre as necessidades de aquecimento (N_{ic}) para Lisboa através dos valores $U_{ref,p,n}$ em função dos respectivos graus-dias e as necessidades de aquecimento para Genebra através dos valores $U_{ref,G}$ em função dos respectivos graus-dias (GD), calculados segundo a metodologia portuguesa.

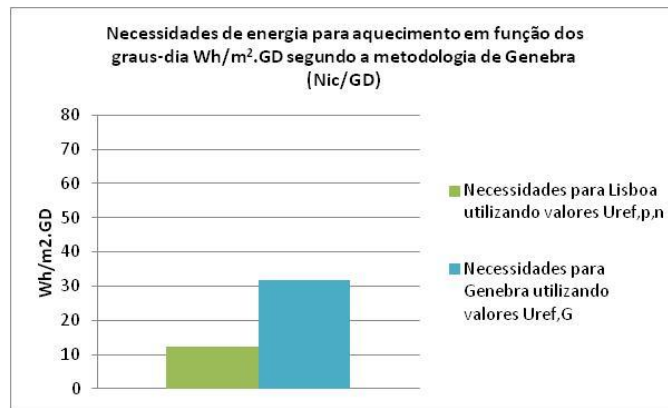
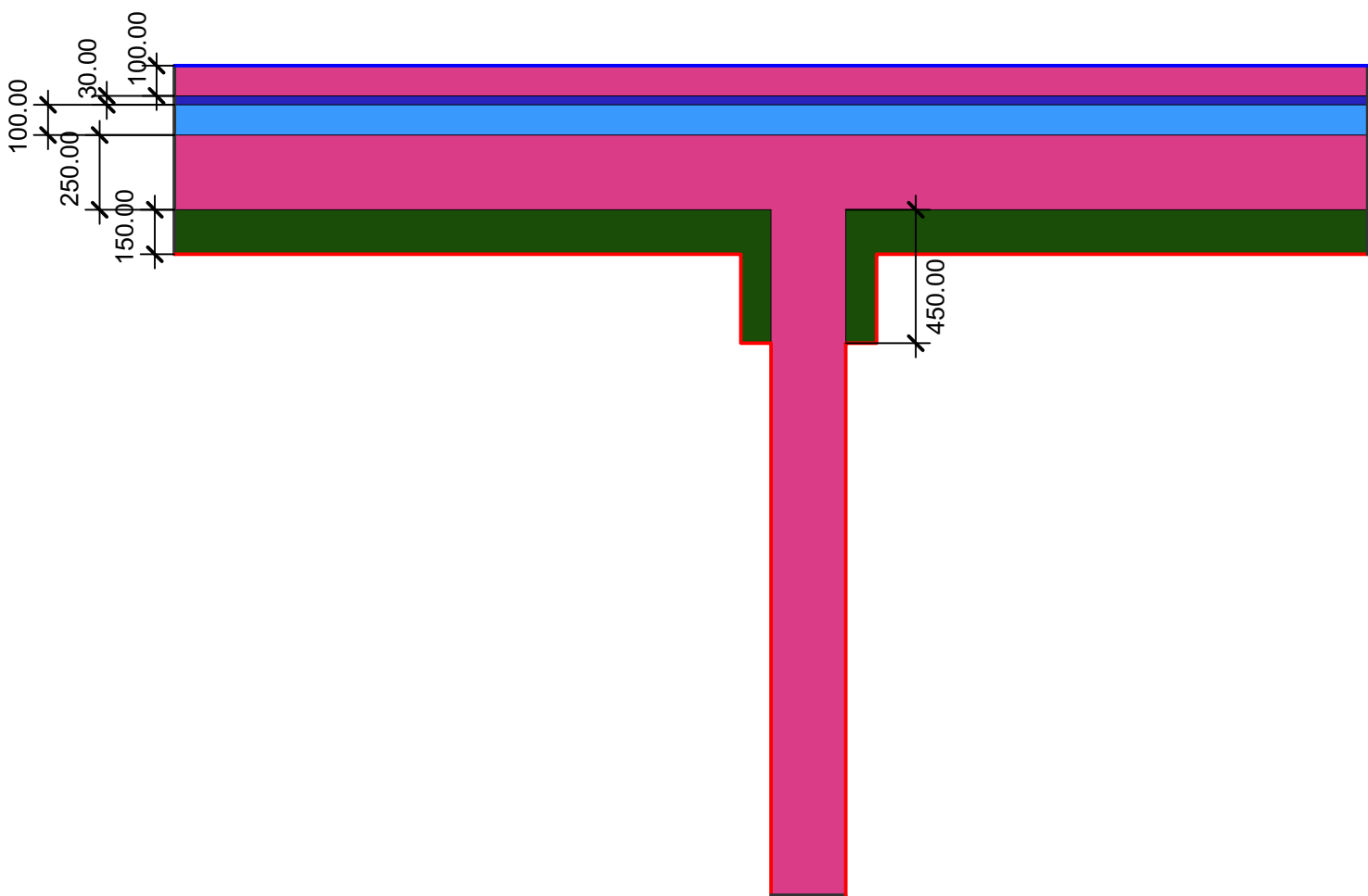


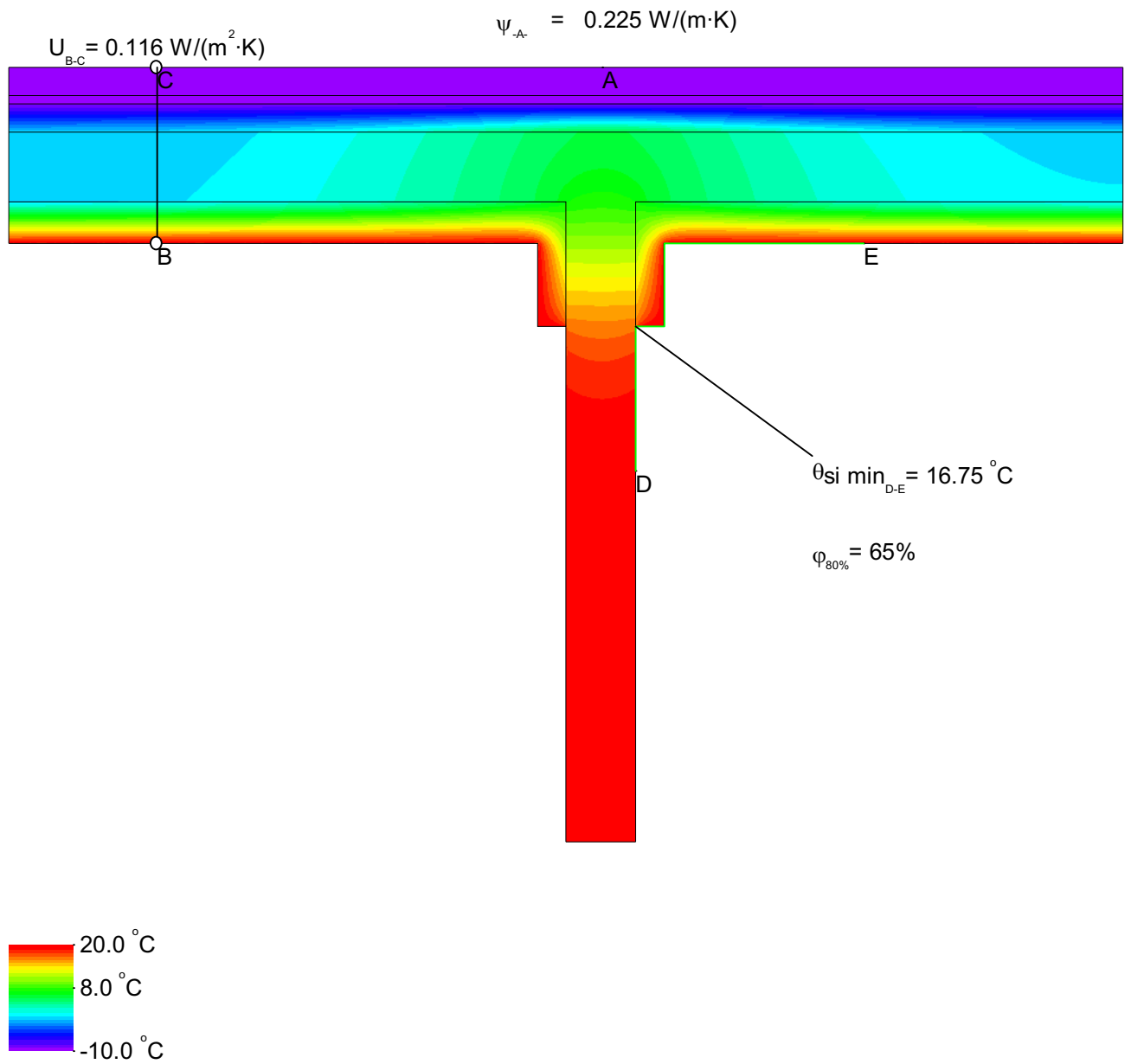
Fig. 6 - Comparação entre as necessidades de aquecimento (N_{ic}) para Lisboa através dos valores $U_{ref,p,n}$ em função dos respectivos graus-dias e as necessidades de aquecimento para Genebra através dos valores $U_{ref,G}$ em função dos respectivos graus-dias (GD), calculados segundo a metodologia de Genebra.

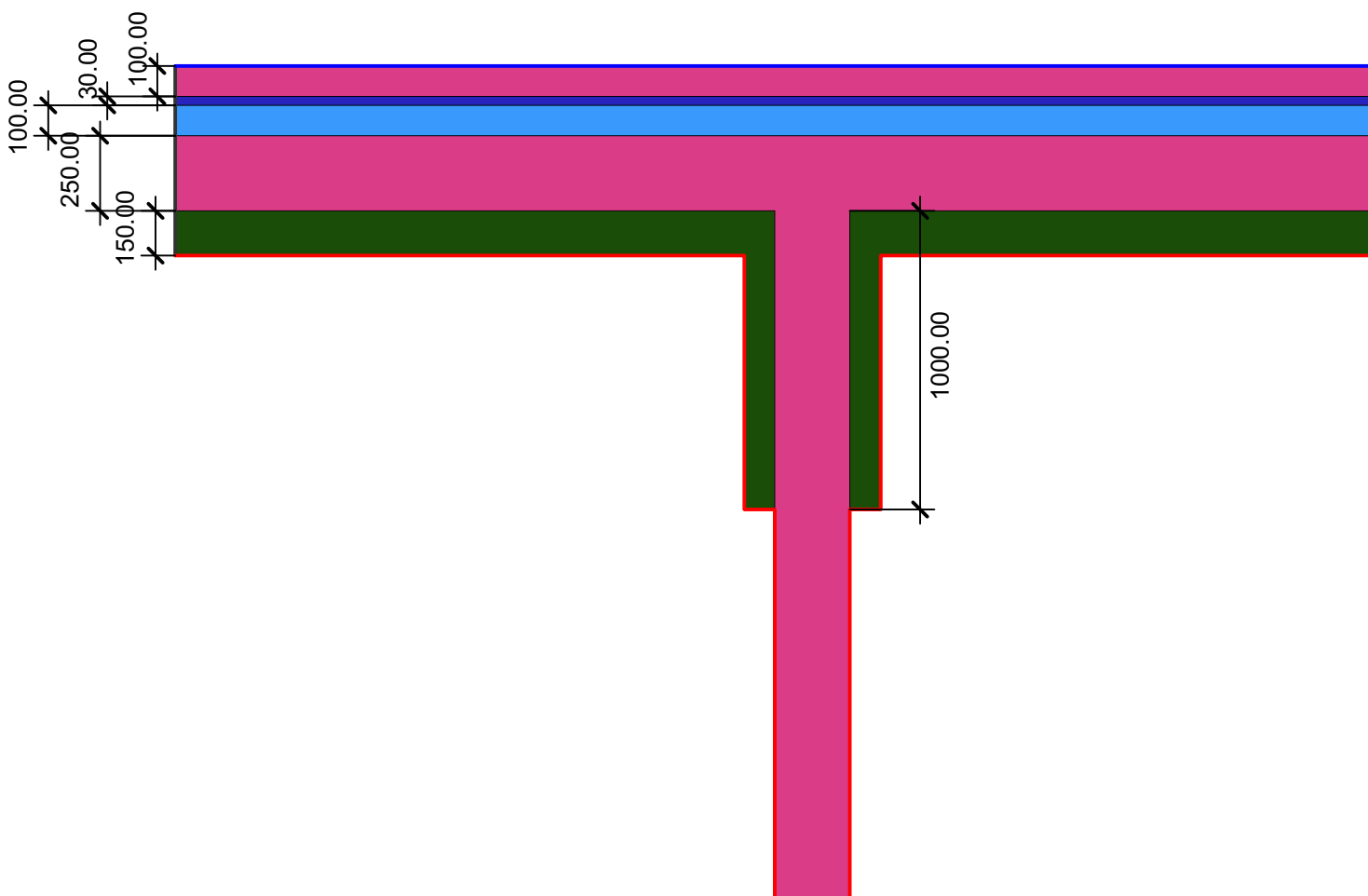
Anexo 4

Resultado de uma simulação dinâmica feita através do programa Flixo

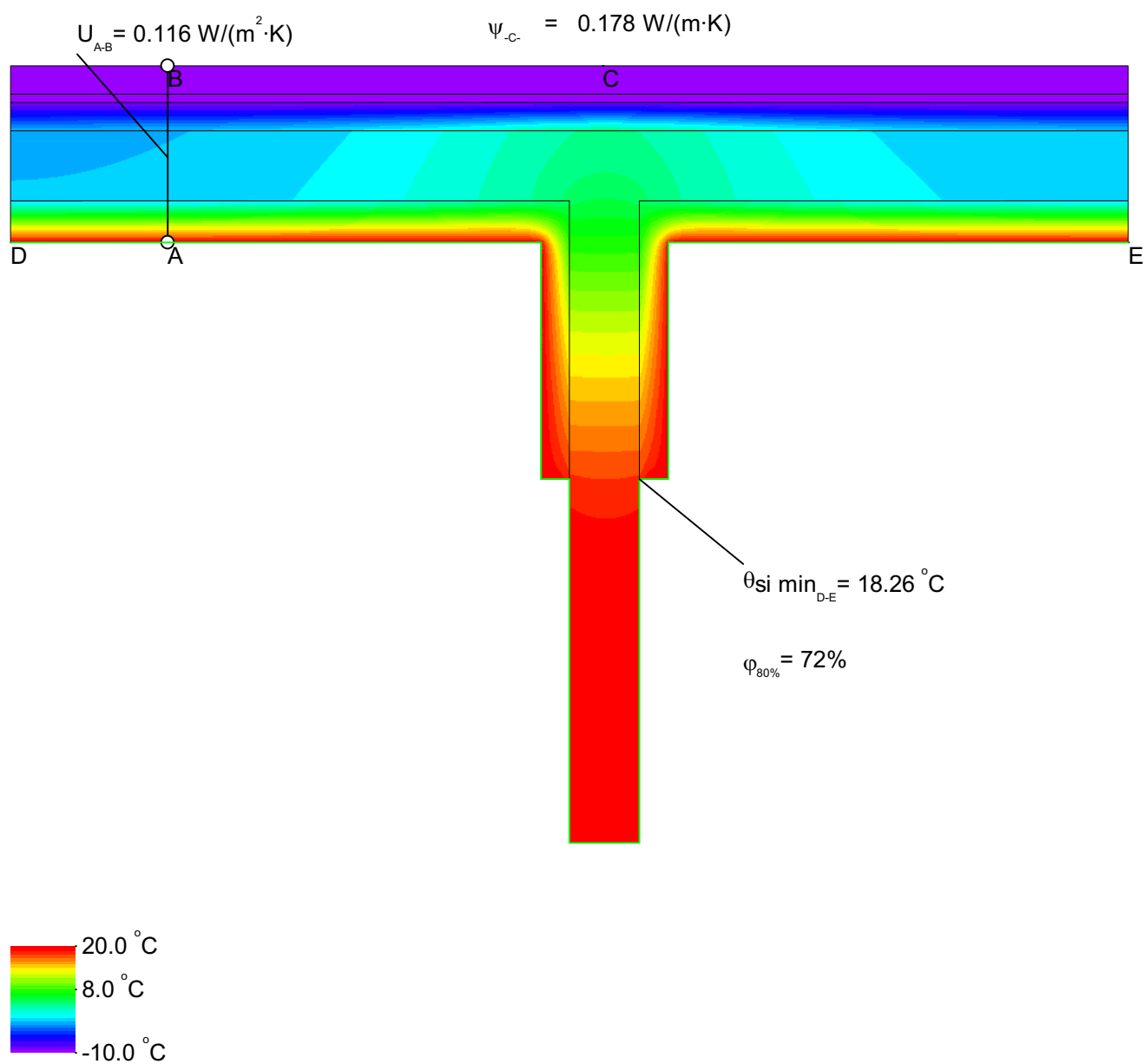


Matériau	λ [W/(m·K)]	Condition au bord	q [W/m ²]	θ [°C]	R [(m ² ·K)/W]	ε
Asphalte	0.700	Extérieur, standard		-10.000	0.040	
Béton, haute densité 2400 kg/m3	2.000	Intérieur, standard		20.000	0.130	
FOAMGLAS F	0.050	Symétrie/Section composant	0.000			
swissporPUR/PIR Alu	0.024					



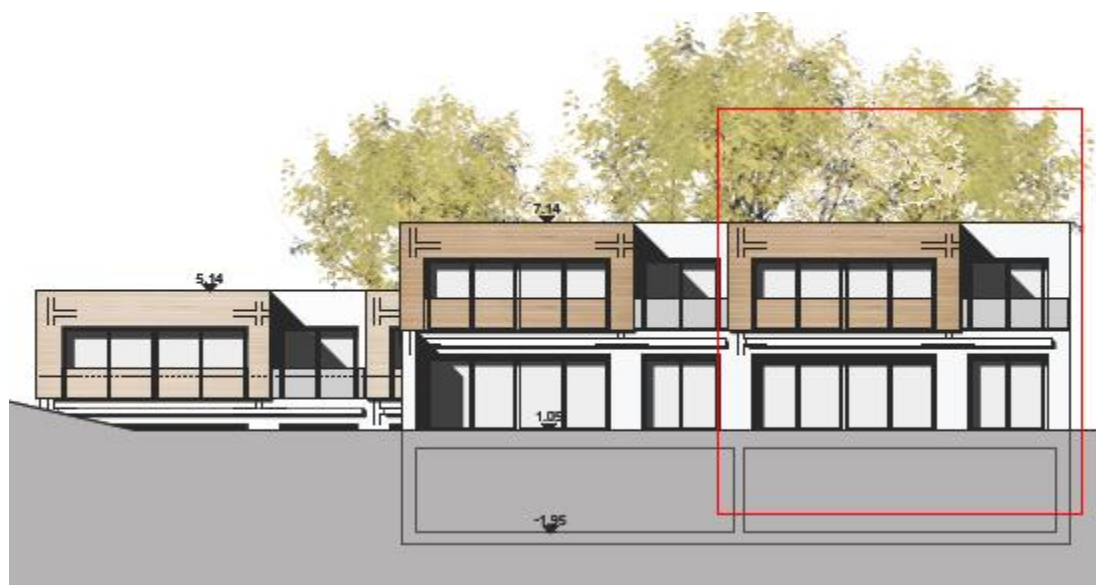
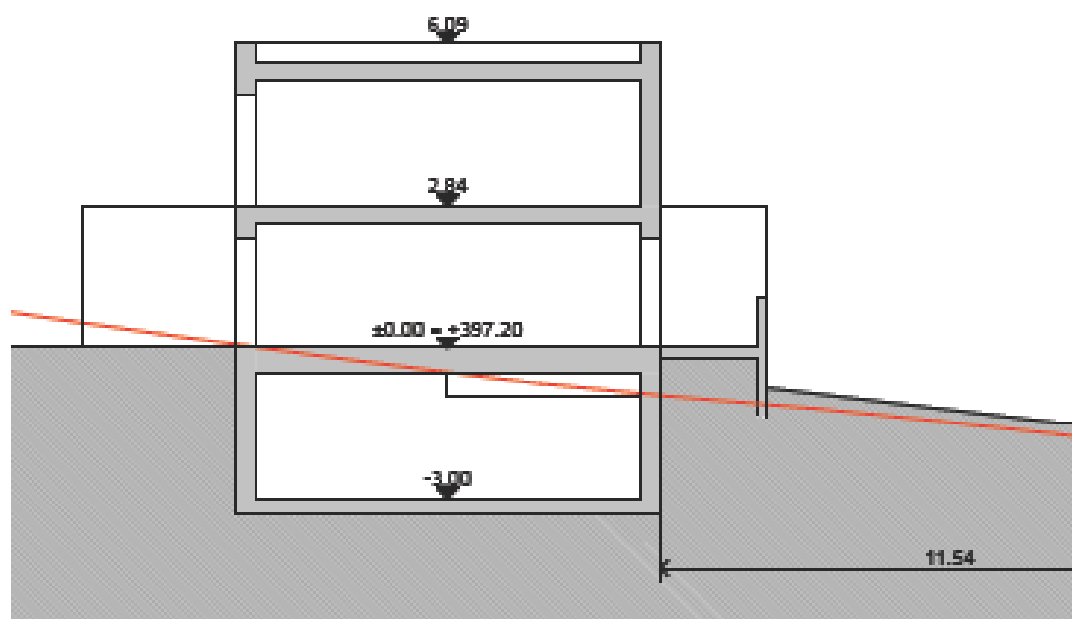


Matériau	$\lambda [W/(m \cdot K)]$	Condition au bord	$q [W/m^2]$	$\theta [^{\circ}C]$	$R [(m^2 \cdot K)/W]$	ε
Asphalte	0.700	Extérieur, standard		-10.000	0.040	
Béton, haute densité 2400 kg/m3	2.000	Intérieur, standard		20.000	0.130	
FOAMGLAS F	0.050					
swissporPUR/PIR Alu	0.024	Symétrie/Section composant	0.000			



Anexo 5

Plantas e alçados da moradia Pregny-Chambésy A



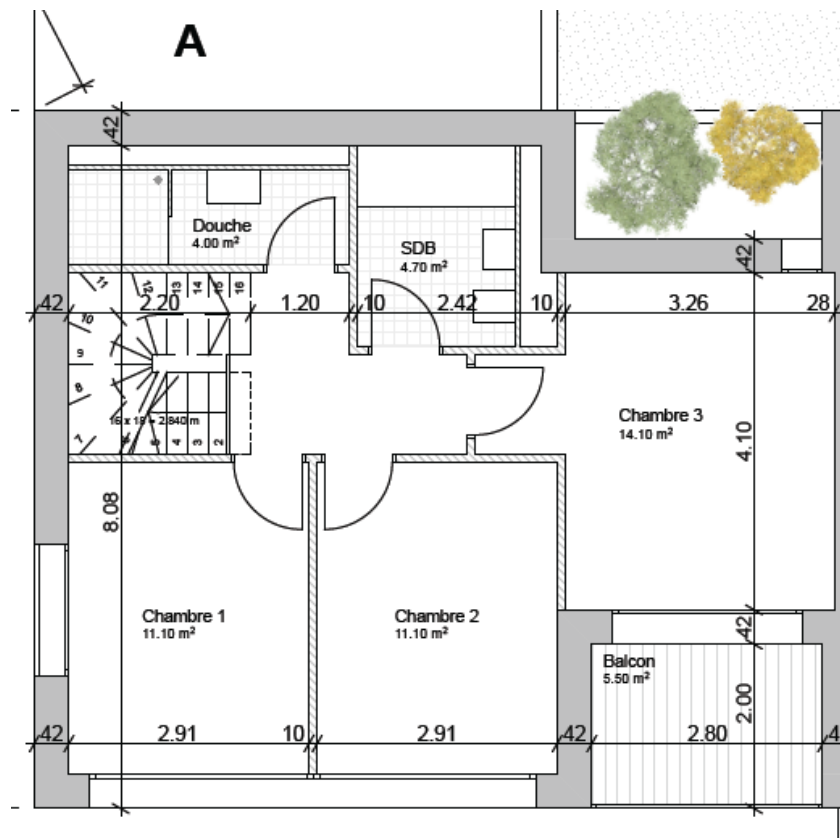


Fig. 5 - Planta do 1º andar.

Anexo 6

Comparação gráfica entre a metodologia de Genebra e a metodologia portuguesa através dos diferentes tipos de perdas e ganhos

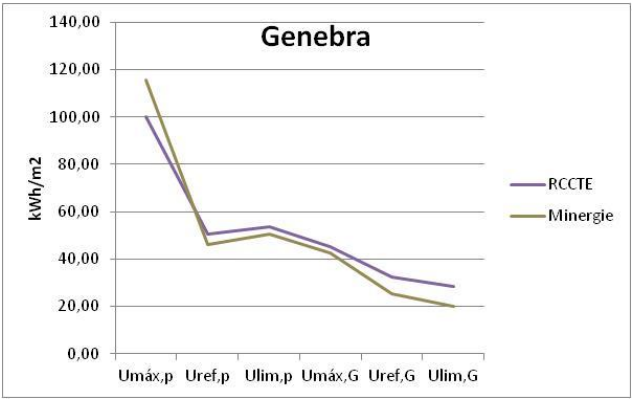


Fig. 1 - Comparação feita através das perdas por transmissão térmica nas paredes, coberturas exteriores e pontes térmicas na cidade de Genebra.

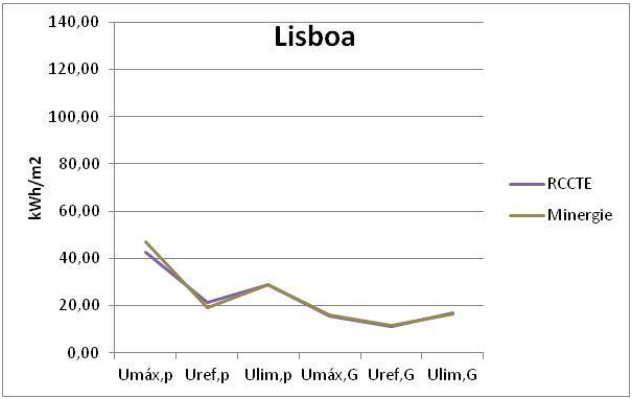


Fig. 2 - Comparação feita através das perdas por transmissão térmica nas paredes, coberturas exteriores e pontes térmicas na cidade de Lisboa.

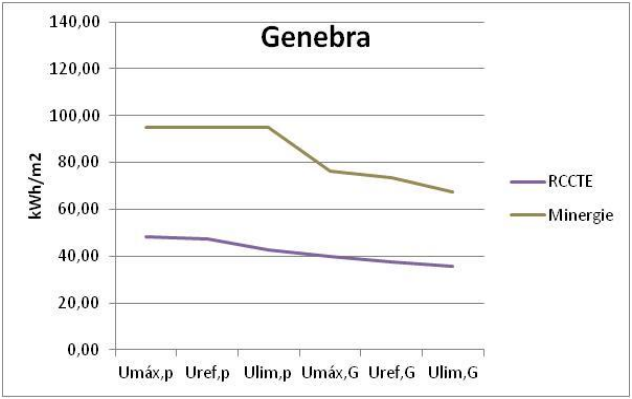


Fig. 3 - Comparação feita através dos ganhos úteis térmicos (ganhos solares + ganhos térmicos) na cidade de Genebra.

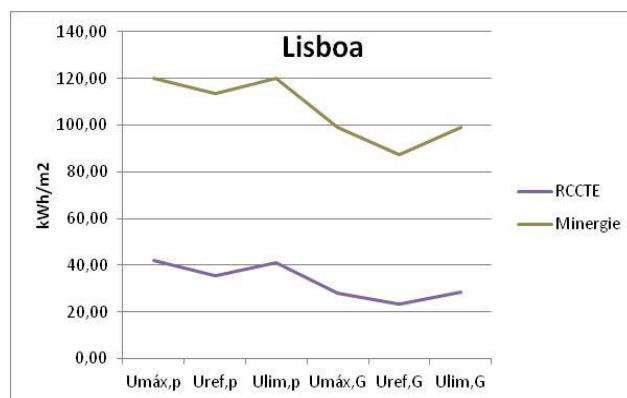


Fig. 4 - Comparação feita através dos ganhos úteis térmicos (ganhos solares + ganhos térmicos) na cidade de Lisboa.

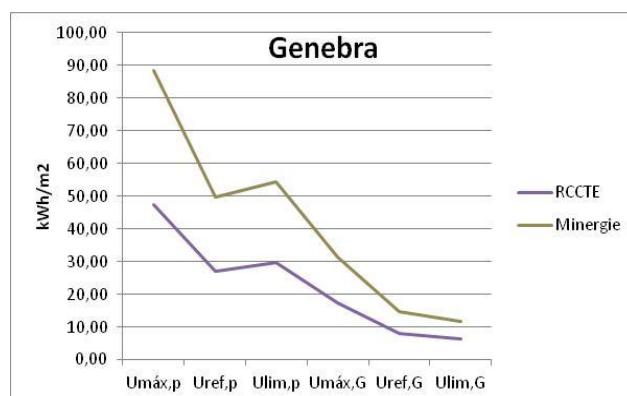


Fig. 5 - Comparação feita através das perdas por transmissão térmica nas superfícies em contacto com locais não aquecidos na cidade de Genebra.

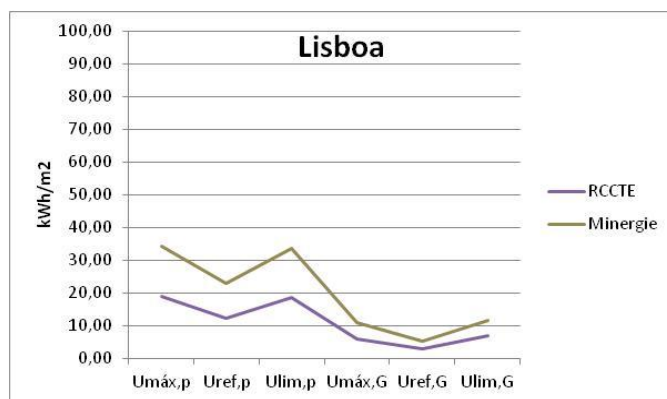


Fig. 6 - Comparação feita através das perdas por transmissão térmica nas superfícies em contacto com locais não aquecidos na cidade de Lisboa.